Über die

Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in Lehrsälen

mit Berücksichtigung

des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft im Freien.

Inaugural-Dissertation

der

hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt

von

Bernhard Richter
aus Mittweida.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Rostock.
Carl Boldt'sche Hof-Buchdruckerei.
1898.

Referent: Herr Prof. Dr. phil. et med. L. Matthiessen.

Seinem lieben Vater

in Dankbarkeit

gewidmet vom

Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552726_0036

Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in Lehrsälen mit Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft im Freien.

Einleitung.

Die Bedingungen zur Erhaltung des Lebens der Menschen hängen nicht bloss von einem vollkommenen Bau und der gesunden Beschaffenheit ihrer Organe ab, sondern setzen zur Erfüllung Bedürfnisse voraus, welche nur von den sie umgebenden Medien gewährt werden können. So bedarf der Mensch zum Atmen die Luft. Dieselbe umlagert den Erdball als Atmosphäre in einer etwa 70—90 Kilometer hohen Schicht und stellt ein inniges Gemisch von Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf, Kohlensäure und kleinen Quantitäten anderer Gase dar. Der Wasserdampf, als von besonderem Interesse für vorliegenden Gegenstand, entsteht durch Verdunsten von Wasser und ist der Atmosphäre in unsichtbarer Form beigemengt. Von Bedeutung für unser Wohlbefinden ist der Feuchtigkeitsgrad der Luft, d. h. ihr Gehalt an Wasser in Gramm pro Kubikmeter. Trockene Luft entzieht dem Körper Wasser und durch dessen Verdunstung Wärme; trockene Luft begünstigt Affektionen der Respirationswege und des Nervensystems, erhöht die Pulsfrequenz und ist geeignet, Konsequenzen gesteigerter Herzarbeit zu

begünstigen, was die durch Statistiken erwiesene Thatsache des Vorwaltens plötzlicher Todesfälle bei Eintreten trockener Witterung bestätigt. In mit Feuchtigkeit gesättigter Luft kann das vom Körper ausgeschiedene Wasser nicht genügend verdunsten, die Abkühlung der Haut wird vermindert durch die um den Körper sich bildende Dunsthülle, es entsteht ein drückendes Unbehagen, und wir empfinden geringe Wärmeerhöhung solcher gesättigten Luft als drückende Schwüle. Der Gehalt der Luft an Wasserdampf ist je nach Ort und Zeit sehr verschieden und erheblichen Schwankungen unterworfen. An Orten, wo Gelegenheit zu reichlicher Wasserverdunstung vorhanden ist, also am Meeresstrand, an Seen, Flüssen, über Wiesen und Wäldern pflegt die Luft feuchter zu sein als über Sandboden, trockenen Steppen und Wüsten. Auch ist warme Luft in der Regel feuchter als kalte.

Es ist schon längst die hohe Bedeutung erkannt worden, welche die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft auf die Entwickelung und das Leben aller Organismen hat, und es besteht speciell für die klimatischen Einflüsse auf den menschlichen Körper in der Anwendung der vergleichenden Statistiken über die Häufigkeit der Sterbefälle und der Erkrankungen eine Analyse über den Effekt jener mannigfachen Variationen und die charakteristischen Eigentümlichkeiten, die das Klima eines Landes zur Ursache hat. Der Einfluss des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft auf das normale Befinden des Menschen erfordert eine eingehende Untersuchung und eine Berücksichtigung der das Wohlbefinden alterierenden Ursachen. Die Luft, die zur Atmung und zur Erwärmung des Körpers dienen soll, kann häufig durch abnorme Temperatur mit hohem Feuchtigkeitsgehalt diese Funktionen beeinträchtigen.

Die Arbeiten, welche sich bis jetzt mit der Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und seiner hygienischen Bedeutung beschäftigt haben, wurden vorwiegend vom

Standpunkte des Meteorologen ins Auge gefasst. An[1] den meisten meteorologischen Stationen wird aber nur dreimal täglich der momentane Wassergehalt der Luft beobachtet und sowohl als absolute Feuchtigkeit im Millimeter-Dunstdruck, wie als relative Feuchtigkeit in Prozenten registriert, aus diesen wiederum das tägliche, monatliche etc. Mittel genommen.

Die Methoden, die zu Messungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft dienen können, sind verschieden. Ein kompendiöses und leicht transportables Instrument ist das „Psychrometer", welches von Meteorologen auch fast ausschliesslich zu derartigen Messungen verwendet wird. Schon[2] 1792 machte Hutton zu Edinburg den Versuch, den Feuchtigkeitszustand der Luft nach dieser Methode zu bestimmen. Jorry entwickelte 1822 eine Formel, welche die Abhängigkeit der Verdunstungskälte von dem Feuchtigkeitsgrad der Luft und der jeweiligen Temperatur darstellen sollte, doch erst August[3] vervollkommnete im Jahre 1828 dieselbe soweit, dass das Psychrometer immer mehr als Feuchtigkeitsmesser in Anwendung kam.

Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit habe ich durchweg mit dem feststehenden August'schen Psychrometer vorgenommen. Deneke[4] hat zwar das Schleuderpsychrometer vorgezogen, es erschien mir aber richtiger, sämtliche Untersuchungen mit dem überall anwendbaren, feststehenden August'schen Psychrometer vorzunehmen, weil eine Manipulation mit dem Schleuderpsychrometer in den Hörsälen während der Vorlesungen erhebliche Störungen verursacht hätte.

---

[1] Flügge, die hygienischen Untersuchungsmethoden, Leipzig 1881, S. 89.

[2] Die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft von Dr. K. Koppe, Zürich 1878.

[3] Über die Fortschritte der Hygrometrie etc. in Pogg. Ann. Bd. 5. S. 14.

[4] Zeitschrift für Hygiene Bd. 1, S. 47.

Uffelmann[1] schreibt hierzu: „Der hauptsächlichste Vorwurf, welchen Deneke diesem feststehenden Psychrometer macht, dass es nämlich unsichere Resultate gebe, weil in der unmittelbaren Nähe der ruhenden, feuchten Kugel sich eine feuchtere Atmosphäre bildet, dürfte hinfällig sein, da es feststeht, dass der Ausgleich zwischen diesem feuchteren Luftmantel und der weniger feuchten Luft ringsumher ungemein rasch sich durch Diffusion vollzieht. Andererseits ist es sehr schwierig, das Schleudern des bewegten Psychrometers in durchaus gleichmässigem Tempo zu handhaben, und endlich ist zu beachten, dass man in Binnenräumen den Feuchtigkeitsgehalt der Luft durch die eigene Atmung nicht unwesentlich alterieren wird, wenn man das Schleuderpsychrometer anwendet, da das von Deneke für jede Einzelbestimmung geforderte hundertmalige Umschleudern doch eine erheblich grössere Zeit in Anspruch nimmt, als wenn man das feststehende Psychrometer einfach aufstellt".

Das Gewicht eines Kubikmeters Wasserdampf von 0^0 und 336‴ Barometerstand ist gleich 0,805 kg, somit dessen specifisches Gewicht 0,000805 von dem des Wassers oder 0,625 von dem der Luft. Wasserdampf ist somit beträchtlich leichter als Luft, und es muss deshalb auch feuchte Luft ein geringeres specifisches Gewicht als trockene Luft von derselben Temperatur besitzen. Es kommt infolgedessen gar nicht zur Bildung einer ruhenden Dunsthülle an der feuchten Thermometerkugel, da die sich bildenden Wasserdämpfe durch geringeres specifisches Gewicht eine Bewegnng der Luft an der Thermometerkugel hervorrufen, die feuchte Luft wird nach oben steigen und trockene Luft nachströmen.

Im physikalischen Institut der Landes-Universität zu Rostock wurden mir zu meinen Versuchen, die zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in Lehrsälen

[1] Archiv für Hygiene Bd. 8, S. 279.

dienen sollten, zwei ganz gleichgehende Psychrometer von vorzüglicher Beschaffenheit zur Verfügung gestellt, und glaube ich annehmen zu dürfen, dass die damit erzielten Resultate als brauchbar bezeichnet werden können.

Ich gehe nun zur Beschreibung meiner eigenen Versuche über und bemerke, dass ich meine Experimente zum grössten Teil im Hörsaal des physikalischen Instituts der Universität angestellt und mich dabei jeder Zeit freundlichen Rates seitens des Herrn Professor Dr. phil. et med. Matthiessen, Direktor des physikalischen Institutes, zu erfreuen gehabt habe. In Anbetracht der hygienischen Wichtigkeit der Experimente beschloss ich, denselben zuvörderst in der Weise näher zu treten, dass ich prüfte, welchen Einfluss ein längeres Zusammensein einer grossen Zahl von Menschen in einem gemeinschaftlichen Raum mit gewöhnlicher Atmungsluft auf den Feuchtigkeitsgehalt derselben ausüben würde. Wohl kann man sich mit Recht dahin aussprechen, dass die hygienische Bedeutung des Wasserdampfes in der Luft noch wenig aufgeklärt ist, bei dem engen Zusammenhange aber, in welchem Schule und Gesundheitslehre stehen, bedarf es keiner Rechtfertigung, wenn die Pflege des letzteren als eine Pflicht der ersteren bezeichnet wird.

Zur Erläuterung der nachfolgenden Rechnungen und Tabellen, die den eigentlichen Gegenstand dieser Arbeit behandeln sollen, diene folgendes:[1]

Es bezeichnen:

t = **Angabe des trockenen Thermometers**

in Réaumur-Graden. Aus dem Stand des trockenen Thermometers findet man durch Aufsuchen in der Spannungstafel die zugehörige mögliche Spannung e_1, d. h. diejenige Spannung, welche bei der augenblicklich herr-

[1] Diese Erläuterungen gestattete mir Herr Professor Dr. Matthiessen seinen Instruktionen über das phys. Praktikum der Universität Rostock zu entnehmen.

schenden Temperatur erreicht werden könnte, wenn die Luft vollkommen mit Wasserdampf erfüllt oder, wie man sagt, „gesättigt“ wäre.

t_1^0 = **Angabe des feuchten Thermometers.**

Der Stand des feuchten Thermometers liegt vermöge des an der Thermometerkugel verdunstenden Wassers und der dadurch erzeugten Abkühlung im allgemeinen unter dem des trockenen Thermometers und zwar um so tiefer, je trockener die Luft ist. Aus der Angabe des feuchten Thermometers in Verbindung mit der „psychrometrischen Differenz“ findet man die wirkliche Spannung e_2 auf folgende Weise: Schlage zu t^0_1 die zugehörige mögliche Spannung e_1 auf, nimm die Differenz $t-t_1$, die sogenannte „psychrometrische Differenz“ und suche in der unteren Abzugstafel hierzu das sogenannte Abzugsglied auf; dieses subtrahiert von der für das feuchte Thermometer aufgeschlagenen möglichen Spannung e_1, liefert die wirkliche Spannung e_2.

t_2^0 = **Höhe des Taupunktes.**

Der Taupunkt oder der der wirklichen Spannung e_2 entsprechende Temperaturgrad wird aus dieser in der Spannungstafel Seite 61 abgelesen, umgekehrt als wenn man zu irgend einer Temperatur die zugehörige Spannung aufsucht, d. h. man sucht die wirkliche Spannung e_2 in der Tafel auf und sieht nach, zu welcher Temperatur dieselbe gehört, diese ist dann der Taupunkt t_2^0.

Der Taupunkt liegt gewöhnlich ebensoweit unter dem Stand des feuchten Thermometers, wie dieser unter dem des trockenen, oder der Stand des feuchten Thermometers steht mitten zwischen dem trockenen Thermometer und dem Taupunkt.

F. Die relative Feuchtigkeit $= \frac{e_2}{e_1} . 100.$

Die relative Feuchtigkeit ist das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis der wirklichen Spannung e_2 zur möglichen Spannung e_1. Man fragt sich, wie viel von der

möglichen Spannung, d. h. der vollkommenen Sättigung der Luft mit Wasserdampf bei der herrschenden Temperatur erreicht ist. Zur Berechnung dividiert man die wirkliche Spannung e_2 durch die mögliche Spannung e_1 und multipliciert das Resultat mit 100. Also:

$$\frac{e_2}{e_1} \cdot 100 = \mathbf{F \text{ in Prozenten}}$$

p = die „absolute" Feuchtigkeit, oder der Wassergehalt in Gramm in 1 cbm Luft. Der Wassergehalt der Luft in Gramm wird nach folgender Formel berechnet:

$$p = \frac{Po \cdot s}{1 + \alpha t} \cdot \frac{e_2}{336'''}$$

worin bedeuten:

Po = 1293 Gramm das Gewicht eines Kubikmeters Luft bei 0° und 336''' Barometerstand,

s = das spec. Gewicht des Wasserdampfes, bezogen auf Luft bei gleichen t und e,

$s = {}^5/_8 = 0{,}623$,

$\alpha = 0{,}00367 = \frac{1}{273}$ der Ausdehnungscoefficient der Luft

t = Stand des trockenen Thermometers in Réaumur-Graden

Also ist $p = \frac{1293 \cdot {}^5/_8}{336'''} \cdot \frac{e_2}{1 + \alpha t}$.

Hiervon ist der erste Teil $\frac{1293 \cdot {}^5/_8}{336'''} = 2{,}4$ eine Constante und es geht die Formel über in

$$p = \frac{2{,}4 \cdot e_2}{1 + \alpha t}.$$

Man braucht demnach nur $\frac{e_2}{1 + \alpha t}$ mit dem konstanten Faktor 2,4 zu multiplicieren, um den Wassergehalt in Gramm pro Kubikmeter zu erhalten. Dieser Gehalt ist ungefähr so gross, wie der Druck in Millimetern.

Die Ausführung der Versuche bedingte zwei genau übereinstimmende Psychrometer, von welchen das eine im Freien, das andere in dem Hörsaal aufgestellt wurde, in welchem der jeweilige Feuchtigkeitsgehalt der Luft gemessen werden sollte. Die Ablesung des Standes des feuchten und trockenen Thermometers wurde im Freien zu Anfang und zu Ende der Vorlesung vorgenommen, im Hörsaal dagegen von 10 zu 10 Minuten. Die Mehrzahl der Untersuchungen beziehen sich auf den Lehrsaal des physikalischen Institutes während der Vorlesung von 5 bis 6 Uhr abends. Die gefundenen Werte sind tabellarisch zusammengestellt und ermöglichen eine schnelle Orientierung über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft an den verschiedenen Tagen. Weitere Daten findet man in den Tabellen über den Feuchtigkeitsgehalt im zoologischen, chemischen und botanischen Lehrsaal.

Ergebniss der Luftuntersuchung auf ihren Feuchtigkeitsgehalt im Hörsaal des physikalischen Instituts.

Tabelle No. 1 Seite 14 enthält eine Aufnahme vom 24. November 1897 im physikalischen Institut der Universität Rostock während der Vorlesung von 5—6 Uhr abends.

Die in der Tabelle verzeichneten Werte wurden wie folgt gefunden:

Die Temperatur des trockenen Thermometers beträgt im Hörsaal 5 Uhr abends $t = 13{,}6^0$; das Zimmer enthält noch keine Personen. Die zugehörige mögliche Spannung aus Tabelle Seite 61 $e_1 = 6{,}36'''$, der Stand des feuchten Thermometers $t_1 = 9{.}2^0$, die zugehörige mögliche Spannung $e_1 = 4{,}45'''$. Die psychrometrische Differenz $t - t_1 = 13{,}6^0 - 9{,}2^0 = 4{,}4^0$. In der unteren Abzugstafel der Tabelle Seite 61 findet man das Abzugsglied für $4{,}4^0 = 1{,}41$, also

$4{,}45 - 1{,}41 = 3{,}04''' = e_2$ die wirklich vorhandene Spannung des im Auditorium enthaltenen Wasserdampfes.

Der Wert für $e_2 = 3{,}04'''$ giebt aus der Tabelle Seite 61 direkt den Taupunkt $t_2 = 4{,}7^0$. Wie schon erwähnt, liegt der Taupunkt t_2 ebensoweit unter t_1 wie t_1 unter t, oder t_1 liegt zwischen t und t_2, was die Probe ergiebt

$$t + t_2 = 13{,}6^0 + 4{,}7^0 = 18{,}3^0$$

$\frac{18{,}3}{2} = 9{,}15^0$ entspricht dem gefundenen Wert $t_1 = 9{,}2^0$.

Es ist hiermit eine Kontrole für die Rechnung ermöglicht, kann aber nur für Temperaturen über Null angewendet werden.

Die Tabelle Seite 61 giebt die Dunstspannung in Pariser Linien bei einem Barometerstand von 336'''. Ist der Luftdruck von 336''' verschieden, so muss an den in der Psychrometertafel gegebenen Zahlen eine „barometrische" Korrektion angebracht werden. Jelinek, Tabelle III, pag. 16, giebt die zu einem gewissen Barometerstand in Millimetern und zu einer gewissen psychrometrischen Differenz in Celsius-Graden gehörige barometrische Korrektion in Millimetern. Diese Korrektion ist zu der in der Tafel gegebenen Spannung zu addieren, wenn der Luftdruck kleiner ist als 336'''. Die Korrektion ist zu subtrahieren, wenn der Luftdruck grösser ist als 336'''.

Der höchste Barometerstand, welcher bei den verschiedenen Messungen abgelesen wurde, war 334''', δb, also von 336''' um 8''' verschieden. Das Korrektionsglied berechnet, bleibt kleiner als 0,02; daraus ergiebt sich, dass innerhalb der Grenzen der Genauigkeit, welche bei den psychrometrischen Messungen überhaupt erreicht werden können, der Korrektionsfaktor unbedenklich fortgelassen werden kann, und man auf Schwankungen des Luftdruckes, wie solche bei diesen Aufnahmen vorgekommen, keine Rücksicht zu nehmen braucht. Der Fehler, welchen man dabei begeht, ist ohne jede praktische Bedeutung.

Tabelle Nr. I. Aufgenommen im phys. Hörsaal am 24. November 1897.

Zeit	Stand des trockenen Thermometers t^0.	Stand des feuchten Thermometers t^0_1.	Taupunkt t_d.	Mögliche Spannung e_1.	Psychrometrische Differenz $t^0 - t^0_1$	Abzugsglied	Wirkliche Spannung e_d.	Relative Feuchtigkeit F.	Absolute Feuchtigkeit p.	Anzahl der Personen	Barometerstand b.	Kubikinhalt des Hörsaales in cbm
5^h	$13{,}6^0$	$9{,}2^0$	$4{,}7^0$	$6{,}36'''$	$4{,}4^0$	$1{,}41'''$	$3{,}04'''$	47,8 %	6,870 g	38	$335'''$	337,5
5^h 10	$13{,}7^0$	$9{,}2^0$	$4{,}6^0$	$6{,}41'''$	$4{,}5^0$	$1{,}44'''$	$3{,}01'''$	47,0 %	6,802 „			
5^h 20	$14{,}0^0$	$9{,}6^0$	$5{,}3^0$	$6{,}56'''$	$4{,}4^0$	$1{,}41'''$	$3{,}19'''$	47,1 %	7,195 „			
5^h 30	$14{,}1^0$	$9{,}7^0$	$5{,}4^0$	$6{,}62'''$	$4{,}4^0$	$1{,}41'''$	$3{,}23'''$	48,8 %	7,286 „			
5^h 40	$14{,}5^0$	$10{,}2^0$	$6{,}2^0$	$6{,}84'''$	$4{,}3^0$	$1{,}38'''$	$3{,}45'''$	50,5 %	7,767 „			
5^h 50	$14{,}9^0$	$10{,}6^0$	$6{,}7^0$	$7{,}05'''$	$4{,}3^0$	$1{,}38'''$	$3{,}61'''$	51,2 %	8,112 „			
6^h	$14{,}8^0$	$10{,}6^0$	$6{,}8^0$	$7{,}00'''$	$4{,}2^0$	$1{,}34'''$	$3{,}65'''$	52,1 %	8,202 „			
im Freien												
5^h	$2{,}4^0$	$-0{,}2^0$	$-7{,}1^0$	$2{,}48'''$	$2{,}6^0$	$0{,}83'''$	$1{,}02'''$	41,1 %	$2.423'''$			
6^h	$1{,}5^0$	0^0	-3^0	$2{,}29'''$	$1{,}5^0$	$0{,}48'''$	$1{,}52'''$	66,4 %	$3.648'''$			

Die relative Feuchtigkeit für vorstehendes Beispiel giebt nach der Formel

$$F = \frac{e_2}{e_1} \cdot 100 = \frac{3{,}04}{6{,}36} \cdot 100 = \underline{47{,}8\ \%}$$

die absolute Feuchtigkeit oder der Wassergehalt in Gramm in 1 cbm Luft

$$p = \frac{Po \cdot s}{336'''} \cdot \frac{e_2}{1+\alpha t} = 2{,}4 \cdot \frac{e_2}{1+\alpha t} = \frac{2{,}4 \cdot 3{,}04}{1+0{,}00367 \cdot 13{,}6} = 6{,}870 \frac{grs}{cbm}$$

Der Lehrsaal des physikalischen Institutes besitzt die Dimensionen 423 cm Höhe, 550 cm Breite und 1450 cm Länge und dementsprechend einen Kubikinhalt von 337,5 cbm. Der Raum enthält 5 grosse, hohe, einfache Fenster, drei Flügelthüren und einen Abzugskanal für die verbrauchte Luft. Die Beleuchtung ist ausschliesslich elektrisch und wird durch 25 16kerzige Glühlampen unterhalten. Zwei Flügelthüren, welche nach dem Korridor führen, sind während der Vorlesung geöffnet, und dadurch ist einer genügenden Ventilation Rechnung getragen.

Bei der Aufnahme am 24. November 1897 betrug die Gesamtzahl der im Hörsaal anwesenden Personen 38, der Kubikinhalt des Hörsaales beträgt 337,5 cbm; der antheilige Luftkubus für eine Person ca 9 cbm.

Geht man von der Annahme aus, dass ein Erwachsener in der Minute 16 Atemzüge macht, und jede Expiration 300—400 ccm Luft enthält, so atmet er in 1 Stunde, wenn man im Mittel 350 ccm für einen Atemzug annimmt, 336,000 ccm = 336 Liter Luft. Die ausgeatmete Luft ist stets auf nahezu gleiche Temperatur 35° erwärmt und ist mit Wasserdampf gesättigt.

Nach Flügge[1] giebt ein Erwachsener in der Stunde ca. 36 g Wasserdampf, theils durch Perspiration und Respiration an die Umgebung ab, dies würde für 38 Personen in einer Stunde 1368 g Wasserdampf ergeben.

---

[1] Flügge, die hygienischen Untersuchungsmethoden 1881, Seite 497.

Am Anfange der Vorlesung beträgt nach Tabelle 1 Seite 14 die absolute Feuchtigkeit im Hörsaal 6,870 g pro cbm, und die gesamte im Hörsaal vorhandene Wassermenge ist 2320 g.

Addiert man einmal die producierte Wassermenge von 1368 g zu der schon vorhandenen 2320 g, so könnte am Ende der Stunde die absolute Feuchtigkeit in 1 cbm 10,93 g betragen, vorausgesetzt, dass keinerlei andere Gelegenheit zur Wasserverdunstung vorhanden ist. Die Zunahme der absoluten Feuchtigkeit während einer Stunde würde somit 4,16 g oder 60 Prozent betragen.

Die Zunahme beträgt aber laut Tabelle 1 nur 1,33 g für einen cbm oder 19 Prozent.

Die Ursache dieser Erscheinung werden wir später erläutern.

Die relative Feuchtigkeit einer ähnlichen Rechnung unterworfen, giebt wesentlich andere Resultate. Am Anfang der Vorlesung beträgt dieselbe nach Tabelle 1 47,8 Prozent, fällt um 0,8 Prozent, um dann bis zu einem Maximum von 52,2 Prozent anzusteigen. Fast alle Messungen der relativen Feuchtigkeit weisen während des Zeitintervalls 5^h bis 5^h 20 ein Sinken des Prozentgehaltes auf, bewirkt durch die geringe Temperaturerhöhung bei in Betriebsetzung der elektrischen Beleuchtung. Wie rechnerisch nachgewiesen, beträgt die prozentuale Zunahme der absoluten Feuchtigkeit 19 Prozent während einer Stunde, die relative Feuchtigkeit steigt dagegen um 4,4 Prozent. Die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit führt daher für sich allein zu keinem Urteil über die Einwirkung der untersuchten Luft auf die Wasserabgabe vom menschlichen Körper.

Die Zunahme der absoluten Feuchtigkeit während einer Stunde betrug rechnerisch 60 Prozent, die Messung aber ergab nur 19 Prozent, die Differenz von 41 Prozent sind durch die offenen Thüren, die zufälligen Ritzen und Fugen und die Permeabilität der Wände ins Freie gelangt.

Man könnte hieraus einigermassen auf die Ventilationsgrösse schliessen, was in nachstehendem versucht werden soll.

Bestimmung der Ventilationsgrösse im Hörsaal des physikalischen Instituts aus dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Durch den Atmungsprozess der Menschen wird der Sauerstoff der Luft aufgenommen und Kohlensäure, Wasserdampf und organische Substanzen ausgeschieden. In einem geschlossenen Schulzimmer mit einer grossen Zahl Personen wird in kurzer Zeit eine reichliche Ansammlung von Kohlensäure, Riechstoffen und Wasserdampf eintreten und die zwingende Nothwendigkeit vorhanden sein, die verbrauchte Luft durch einen ausreichenden Luftwechsel zu beseitigen.

Will man die Bewegungsursachen der Luft in Thätigkeit setzen, so benutzt man dazu in erster Linie die Temperaturdifferenz innerhalb und ausserhalb des zu ventilierenden Raumes. Je grösser der Temperaturunterschied zwischen der Zimmerluft und der Aussenluft ist, desto ergiebiger ist der Luftwechsel zwischen beiden; die physikalische Eigenschaft, dass warme Luft leichter ist als kalte, und diese in die Höhe steigt, während die kalte zu Boden sinkt, macht eine Bewegung der Binnenluft möglich, und jede Ventilation, welche auf dieser Grundlage ruht, ist im stande, einer wirklichen Lufterneuerung zu dienen. Die natürliche Ventilation, d. h. derjenige Luftwechsel, welcher durch die Permeabilität der Wände, die Ritzen und Fugen der Fenster und Thüren stattfindet, ist für Schulen die geeignetste und wird alle künstliche Ventilationseinrichtungen entbehrlich erscheinen lassen, wenn der Temperaturunterschied zwischen Zimmer und Aussenluft ein beträchtlicher ist.

Ein wesentlicher Faktor bei der Erneuerung der Binnenluft eines Zimmers ist die Bewegung der Aussen-

luft, die Stärke und Richtung des Windes. Je kräftiger der Wind an den Mauern und Fenstern vorbeistreicht oder direkt darauf drückt, desto grösser wird auch der Luftaustausch zwischen Zimmer- und Aussenluft sein.

Pettenkofer[1] fand für sein 75 cbm Luft fassendes Arbeitszimmer stündlich zugeführt bei

20° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen	95 cbm
19° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen	75 cbm
4° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen	22 cbm

Uffelmann[2] hat nachgewiesen, dass ein etwa 100 cbm Luft fassendes Zimmer des hygienischen Instituts zu Rostock die stündliche Zufuhr bei ruhiger Luft und

3° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen sich belief auf	32 cbm
5° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen auf	47 cbm
10° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen auf	70 cbm
15° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen auf	92 cbm
20° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen auf	108 cbm
21° Temperaturunterschied zwischen aussen und innen auf	117 cbm

Für eben jenes Zimmer war die stündliche Luftzufuhr bei einer Temperaturdifferenz von 0—1° und einer

Luftbewegung von 3 Metern pro Sekunde senkrecht auf die Front	21 cbm
Luftbewegung von 9 Metern pro Sekunde senkrecht auf die Front	87 cbm

[1] [2] Uffelmann, Handbuch der Hygiene 1890, Seite 362.

Aus diesen Ziffern geht hervor, welche grosse Rolle die natürliche Ventilation spielen kann, und wie notwendig es ist, dieselbe durch Herstellung und Erhaltung poröser Wände zu ermöglichen.

Es ist aber auch ohne weiteres daraus ersichtlich, welchen grossen Einfluss die Bewegung der Aussenluft auf die Beschaffenheit der Luft in Binnenräumen ausüben kann, und es ist wohl das geeignetste Mittel, die durch Perspirations- und Respirationsprodukte verschlechterte Luft zu verbessern.

Dass der natürliche Luftwechsel durch die porösen Wände allein ein sehr bedeutender ist, giebt die Untersuchung von Pettenkofer für ein Zimmer, in welchem alle Fugen der Fenster und Thüren, Schlüssellöcher u. s. f. mit Papierstreifen verklebt wurden, wo bei einer Temperatur-Differenz von 19° zwischen Aussen- und Innenluft doch noch 54 cbm Luft in der Stunde durch die Wände hindurch wechselten.

Die Lufterneuerung, welche ausdrückt, wie oft sich die Luft in einem Raume durch die Lüftung ändert, d. h. wie oft in einer Stunde die Luft des ganzen Raumes abgeführt und wieder erneuert wird, erhält man, wenn der Ventilationsbedarf durch den Luftkubus dividiert wird. Nach General Morin[1] ist der Lüftungsbedarf per Kopf und Stunde in Volksschulen 10—15 cbm, in Lehrsälen, mit Erwachsenen 15—30 cbm; diese Zahlen gelten unter der Voraussetzung einer hauptsächlich durch Mischung der reinen und verdorbenen Luft zu erzielenden Luftverbesserung.

Die Ermittelung der Ventilationsgrösse in einem geschlossenen Raum mit einer grossen Zahl Personen aus dem Feuchtigkeitsgehalt während der fortwährenden Lufterneuerung für den sich ergebenden Beharrungszustand kann nach der Formel

[1] Morin, Manuel, pratique du chauffage et de la ventilation, Paris 1874.

$$1)\ R = A + \frac{C}{M \cdot J}$$

$$2)\ C = m\,J\,(R-A) \qquad 3)\ m = \frac{C}{J\,(R-A)}$$

berechnet werden.

Es bedeutet hierin

R = den vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Hörsaal,

A = den vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Freien,

C = den während einer Stunde producierten Wasserdampf,

m = die Lufterneuerung in cbm für eine Stunde,

J = Rauminhalt des Hörsaales in cbm.

Nach Tabelle Seite 14, Aufnahme vom 24. November 1897, betrug die absolute Feuchtigkeit der Aussenluft um 6^h abends bei einer Temperatur von $1{,}5^0$ R. 3,648 g in 1 cbm, der Feuchtigkeitsgehalt im Hörsaal 8,202 g bei $14{,}8^0$ R. die Lufterneuerung berechnet sich hiernach nach Formel 3

$$m = \frac{C}{J\,(R-A)} = \frac{1368}{337\,(8{,}202-3{,}648)} = \text{ca. } 0{,}9 \text{ cbm}$$

Es sind also hiernach ca. 300 cbm Aussenluft in das Zimmer gelangt, oder die Luft erneuerte sich während einer Stunde einmal, und der anteilige Luftkubus für eine Person betrug in Wirklichkeit 18 cbm.

Diese Berechnung bedarf aber noch einer Korrektion. 300 cbm Luft von $1{,}5^0$ im Zimmer auf im Mittel 15^0 erwärmt, folgen als Gas dem Mariotte'schen Gesetz und werden im Hörsaal ca. 320 cbm Luft verdrängen. Der von der Aussenluft mitgeführte Wasserdampf von $1{,}5^0$ wird bei Erwärmung der Luft auf 15^0 auf 3,41 g reduciert.

Die durch die Ventilation in das Zimmer eintretende Aussenluft hat nach Tabelle I Seite 14, Aufnahme vom 24. November 1897 um 6 Uhr abends eine Temperatur von $1{,}5^0$ und wird im Zimmer auf im Mittel 15^0 erwärmt. Nach der mechanischen Wärmetheorie berechnet sich die dazu nötige Wärme nach der Formel

$$W = c \,.\, P \,.\, t^0,$$

worin bedeuten

W = die Wärme in Wärmeeinheiten oder Calorien,

c = die spec. Wärme der Luft bei konstantem Druck = 0,2377,

P = das Gewicht eines cbm Luft bei 0° und 336‴ Barometerstand,

t = die Temperatur.

Nach der Ermittelung auf Seite 20 treten während einer Stunde ca. 300 cbm atmosphärischer Luft in den Hörsaal, es sind also

$$W = 0{,}2377 \,.\, 1{,}293 \,.\, 15 \,.\, 300 = 1380 \text{ W.-E.}$$

erforderlich, um 300 cbm Luft von 1,5° auf 15° zu erwärmen.

Diese Wärmeeinheiten müssen nun auf irgend eine Weise aufgebracht werden; die Öfen im Auditorium, die früh 5 Uhr angeheizt wurden, sind abends nur noch mässig warm und spenden nur wenig oder keine Wärme mehr, es bleiben nur noch als Wärmespender die elektrische Beleuchtung und die im Auditorium befindlichen Personen.

In der Beschreibung des physikalischen Institutes wurde erwähnt, dass die Beleuchtung des Auditoriums durch 25 16kerzige Glühlampen bewirkt wird. Die Wärmeentwickelung durch Strahlung einer Glühlampe von 16 Kerzen Leuchtkraft beträgt ca. 50 W.-E. für eine Stunde, 25 Lampen geben 1250 W.-E. an die Umgebung ab. Nach Pettenkofer beträgt die Wärmeabgabe eines Menschen während einer Stunde 100 W.-E., für 38 Personen 3800 W.-E. Die gesamte entwickelte Wärmemenge also

$$W = W_1 + W_2 = 5000 \text{ W.-E.}$$

Diese 5000 W.-E. sind aufgewendet worden, um die Auditoriumsluft von 13,6° und ausserdem die während einer Stunde einströmende Aussenluft von 1,5° auf 15° zu erwärmen.

Wird ein gasförmiger Körper, der unter konstantem Druck steht, erwärmt, so dehnt er sich aus und leistet

dabei eine Arbeit, indem er den Gegendruck der Atmosphäre überwindet. Eine Leistung von Arbeit ist aber stets mit einem Verbrauch von Wärme verbunden. Wird daher 1 cbm Luft bei konstantem Druck um 1° erwärmt, so dehnt er sich um $\frac{1}{273}$ seines Volumens aus, und die hierzu verbrauchte Wärme wird der Zimmerluft entzogen und von den Wärmespendern wieder aufgebracht. Die Erniedrigung der Temperatur durch die Verdünnung der Luft ist leicht nachzuweisen nach dem Princip der Äquivalenz der Arbeit und Wärme.

Welch hohe Vorzüge die elektrische Glühlichtbeleuchtung in Binnenräumen, in denen ein temporäres Zusammengedrängtsein vieler vorkommt, gegen Gasbeleuchtung hinsichtlich der Qualität und der Temperatur der Luft darbietet, geht deutlich aus den Untersuchungen Renks[1] und Dobroslavines[2] hervor. Jener fand, dass in einem Theater mit 1790 Personen bei elektrischer Beleuchtung im Parkett bei

	die relative Feuchtigkeit	die absolute Feuchtigkeit
Beginn der Aufführung	50 Procent	6,88 g pro cbm
Beendigung der Aufführung	38 „	8,09 „ „ „
Auf der Galerie bei		
Beginn der Aufführung	52 „	6,63 „ „ „
Beendigung der Aufführung	63 „	13,84 „ „ „
Bei Gasbeleuchtung im Parkett		
Beginn der Aufführung	45 „	6,00 „ „ „
Beendigung der Aufführung	49 „	12,00 „ „ „

betrug.

Die Temperatur stieg bei der elektrischen Glühlichtbeleuchtung auf der Galerie von 14,7° auf 22,4°, bei der Gasbeleuchtung von 14,7° auf 26,5°. Die elektrische Beleuchtung bewirkte eine wesentlich geringere Temperatur-

[1] Renk, Archiv für Hygiene III. 1.

[2] Dobroslavine, Gesundheits-Ingenieur 1887, Nr. 19.

erhöhung, und der Luft war weniger Feuchtigkeit beigemischt, als bei der Gasbeleuchtung.

Zu ganz ähnlichen Resultaten kam Dobroslavine[1] bei Untersuchung der Luft in Petersburger Theatern.

Einfluss des Feuchtigkeitsgehaltes der freien Atmosphäre auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Binnenräumen.

Von erheblichem Einflusse auf den Feuchtigkeitsgrad der Luft im Hörsaal ist der Feuchtigkeitsgehalt der Aussenluft. In Tabelle I, Seite 14, entspricht einer Temperatur im Mittel von 1,9° eine absolute Feuchtigkeit von im Mittel 3 g für 1 cbm; entsprechend einer relativen Feuchtigkeit von im Mittel 53,7 Prozent. Kommt eine so beschaffene Luft in das Zimmer und wird hier auf die im Mittel gemessene Temperatur von 14° erwärmt, so sinkt die relative Feuchtigkeit von 53,7 Prozent auf 19 Prozent. Die Aussenluft hat eine Temperatur von 1,9°. Die Wasserdampftension für diese Temperatur im Zustand der Sättigung ist 2,38‴, die relative Feuchtigkeit beträgt ca. 54 Prozent, giebt für die Wasserdampftension 1,29‴.

Die mögliche Spannung e_1 für 14° beträgt 6,67‴, und es besteht mithin die Proportion

$$\frac{X}{100} = \frac{1{,}29}{6{,}67} \quad X = 19 \text{ Prozent.}$$

Die einströmende Aussenluft vermischt sich mit der Zimmerluft, gleich wie eine gefärbte Flüssigkeit durch Zugiessen reinen Wassers verdünnt wird. Luft und Wasserdampf durchdringen sich wie alle Gase sehr vollkommen und derartig, dass die Spannung der Luft und die des Wasserdampfes sich gegenseitig ergänzen; jedes Kubikmeter

[1] Dobroslavine, Gesundheits-Ingenieur 1887, No. 19.

Raum, der beide Gase enthält, ist gleichmässig mit Luft und Wasserdampf erfüllt. Es ist deshalb leicht einzusehen, dass die einströmende Aussenluft, die, ausgetrocknet durch die Temperaturerhöhung im Zimmer, begierig der Umgebung Wasserdampf entziehen wird, so lange eine Spannungsdifferenz zwischen einströmmender Aussenluft und der warmen Zimmerluft vorhanden ist. Diese Spannungsdifferenz wird so lange bestehen, so lange die einströmende Aussenluft die Zimmerluft verdrängt, bedingt durch die erhebliche Temperaturdifferenz von 12°. Der producierte Wasserdampf der anwesenden Personen wird den Ausgleich erheblich begünstigen. Die Verdunstungsintensität von Haut und Schleimhäuten hängt demnach von dem Sättigungsdeficit der Luft, d. h. von derjenigen Menge Feuchtigkeit ab, welche die Luft bis zur vollen Sättigung bei der gegebenen Temperatur noch aufnehmen kann, und ausserdem von der Schnelligkeit, mit welcher die Luftbewegung und die Verdrängung der einzelnen Luftteilchen, welche sich an der Wasseraufnahme vom Körper beteiligen, erfolgt. Es erklärt sich dadurch auch die Erscheinung, dass die Zunahme der absoluten Feuchtigkeit in unserem Beispiel nicht 60 Prozent, sondern nur 19 Prozent betrug. Keineswegs ist jemals anzunehmen, dass die Luft innerhalb des Lehrsaales durch die Perspirations- und Respirations-Thätigkeit der anwesenden Hörer Feuchtigkeit genug aufnehmen kann, um den Sättigungsgrad auch nur annähernd zu erreichen, selbst wenn die Personenzahl eine erheblich grössere sein würde, dazu würden enorme Wasserdampfmengen erforderlich sein. Am 24. November 1897 war um 5^h abends zu Anfang der Aufnahme infolge trockener Winde die relative Feuchtigkeit der Aussenluft ausserordentlich gering. Die Zunahme innerhalb einer Stunde betrug aber über 50 Prozent und stieg von 41 Prozent auf 66 Prozent. Sieht man die verschiedenen Tabellen durch, so ergiebt sich in den meisten Fällen für die Aussenluft eine relative Feuchtigkeit von 80—100 Prozent.

Die als Beispiel angeführte Aufnahme vom 24. November 1897 war besonders charakteristisch dadurch, dass die relative Feuchtigkeit im Freien zuerst kleiner war als im Hörsaal, aber innerhalb einer Stunde infolge Windänderung um beinahe 50 Prozent stieg und in weiter einer Stunde 100 Prozent erreichte, dann trat Nebel und darauf Regen ein. Wesentlich anders gestaltet sich die Durchführung der Rechnung für die Aufnahme vom 2. November 1897, Tabelle 2, Seite 26.

Der Hörsaal zählte 49 Personen, der anteilige Luftkubus bezifferte sich auf ca. 7 cbm. Die absolute Feuchtigkeit betrug zu Anfang der Stunde 2819 g und stieg bis zu Ende der Stunde auf 3893 g. Die Zunahme betrug 1074 g oder 38 Prozent.

Die von den anwesenden 49 Personen producierte Wasserdampfmenge ermittelte sich auf 1764 g, wenn man die von Flügge[1] gemachten Angaben, dass ein Erwachsener pro Stunde 36 g Wasserdampf produciert, zu Grunde legt. Addiere ich die vorhandene Wassermenge von 2819 g zur producierten von 1764 g, so würde die Zuuahme während einer Stunde 63 Prozent betragen.

Meine Aufnahme vom 24. Novbr. weist eine Zunahme der absoluten Feuchtigkeit von 19%, die der relativen Feuchtigkeit nur 4,4 Prozent auf, am 2. November ergiebt die Rechnung für die absolute Feuchtigkeitszunahme den doppelten Wert mit 38 Prozent, die relative Feuchtigkeit aber auch nur 4,4 Prozent Zunahme. Die Ventilationsgrösse nach Formel 3 aus dem Feuchtigkeitsgehalt ergab 0,8 cbm oder pro Stunde 270 cbm.

Am 2. November waren ausnahmsweise die Thüren, welche sonst der besseren Ventilation wegen offen bleiben, sämtlich geschlossen. Welchen erheblichen Einfluss eine derartige Beschränkung der Ventilation auf den Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur hat, ergiebt ein Vergleich

[1] Flügge, Die hygienischen Untersuchungsmethoden 1881, S. 497.

Tabelle Nr. 2. Aufgenommen am 2. November im physik. Hörsaal.

Zeit	Stand des trockenen Thermometers t^0	Stand des feuchten Thermometers t^0_1	Höhe des Taupunktes t^0_2	Mögliche Spannung e_1	Psychrometrische Differenz $t-t^0_1$	Abzugsglied	Wirkliche Spannung e_2	Relative Feuchtigkeit F.	Absolute Feuchtigkeit p.	Anzahl der Personen	Barometerstand b.	Kubikinhalt des Hörsaales
5^h	14,6°	10,6°	7,0°	6,89‴	4,0°	1,25‴	3,71‴	53,8 %	8,352 g	49	341‴	337,5 cm
5^h 10	15,6°	11,6°	8,3°	7,44‴	4,0°	1,28‴	4,13‴	55,5 %	9,250 „			
5^h 20	16,4°	12,2°	8,9°	7,91‴	4,2°	1,34‴	4,34‴	55,0 %	9,690 „			
5^h 30	17,2°	13,0°	10,0°	8,42‴	4,2°	1,34‴	4,72‴	56,0 %	10,322 „			
5^h 40	17,6°	13,5°	10,2°	8,68‴	4,1°	1,31‴	5,00‴	56,4 %	10,711 „			
5^h 50	17,8°	13,7°	10,9°	8,81‴	4,1°	1,31‴	5,10‴	57,9 %	11,323 „			
6^h	18,0°	13,9°	11,1°	8,94‴	4,1°	1,31‴	5,20‴	58,2 %	11,534 „			
im Freien												
5^h	4,3°	3,4°	2,1°	2,93‴	0,9°	0,29‴	2,42‴	82,6 %	5,694 „			
6^h	4,0°	3,0°	1,6°	2,85‴	1,0°	0,32‴	2,30‴	80,7 %	5,422 „			

der Tabelle 1 und 2 ohne weiteres. Die Temperatur im Hörsaal stieg während einer Stunde um 3,4° oder um 24 Prozent.

Die höchste Temperatur am 2. November betrug zu Ende der Stunde 18° Réaumur und die gemessene Wasserdampftension 8,81‴, entsprechend einer absoluten Feuchtigkeit von 11,5 g pro cbm Luft. Im Sättigungszustand 19,8 g, es fehlten also noch 40 Prozent bis zur Sättigung.

Die relative Feuchtigkeit der Aussenluft betrug nach Tabelle 2 am 2. November bei im Mittel 4,15° 81,6 Prozent. Die Wasserdampftension im Zustand der vollkommenen Sättigung für 4,15° 2,89‴, für 82 Prozent also 2,37‴. Kommt diese so beschaffene Aussenluft in den Hörsaal und wird hier auf 18° erwärmt, so sinkt die relative Feuchtigkeit auf 26 Prozent.

Treten z. B. in den Hörsaal stündlich 400 cbm Luft ein, sodass sich die Zimmerluft während einer Stunde nur einmal erneuert, so müssten dieser Aussenluft ca. 4280 g Wasser zugeführt werden, um eine relative Feuchtigkeit von 82 Prozent, welche die Aussenluft besitzt, zu erreichen. Denn bei 2,37‴ Tension enthält die einströmende Luft $\frac{2{,}4 \,.\, 2{,}37}{1 + 0{,}00367 \,.\, 18} = 5{,}5$ g Wasser pro cbm, 400 cbm enthalten also 2200 g Wasser. Bei einer Temperatur von 18° und vollkommener Sättigung sind in einem cbm Luft 19,8 g Wasser enthalten, bei 82 Prozent Sättigung 16,2 g. Folglich gehören 4280 g Wasser dazu, um 400 cbm Luft von 4,15° und 82 Prozent rel. F. bis zu 82 Prozent bei 18° im Zimmer mit Wasserdampf zu sättigen.

Eine vorzügliche Methode, sich ein Bild über den Vorgang der Wasserdampfbewegung in der Atmosphäre zu machen, ist die graphische Behandlung der aufgenommenen Messungen. Aufnahmen vom 24. November 1897 im physikalischen Hörsaal sind in einem Koordinatensystem derart festgelegt, dass die Werte für die gefundenen Temperaturen der relativen und absoluten Feuchtigkeit als

Ordinaten, die Zeit als Abscissen eingetragen wurden. Die schwarz ausgezogenen Kurven entsprechen den Temperaturen des trockenen und feuchten Thermometers und des Taupunktes, die grünen Kurven der absoluten und die roten der relativen Feuchtigkeit im Zimmer und im Freien. Kurvenblatt 1 trägt der Übersichtlichkeit halber nur die Kurven der absoluten Feuchtigkeit, die von diesen umschriebenen Flächen sind farbig angelegt. Die Kurve mit den grössten Ordinaten giebt die der jeweiligen Temperatur entsprechende maximale Spannung des Wasserdampfes an, d. h. diejenigen Wertepunkte, die dem Sättigungsgrade bei der gemessenen Temperatur entsprechen. Die mittlere Kurve giebt den Gang der absoluten Feuchtigkeit während einer Stunde im Hörsaal, und die Kurve mit den kleinsten Ordinaten entspricht der absoluten Feuchtigkeit im Freien. Die Kurven haben alle gleiche Abscissenachse. Die lila Fläche, als die kleinste, stellt demnach die Wassermenge dar, die in 1 cbm Luft in Grammgewichten in der Aussenluft enthalten ist, lila plus grün diejenige im Hörsaal, und die rote Fläche diejenige Wassermenge, welche die Luft im Hörsaal noch bis zur Sättigungsgrenze aufnehmen könnte. Aus dem Kurvenblatt ist ohne weiteres ersichtlich, dass die Wassermenge, welche bis zur Sättigung der Luft mit Wasserdampf noch verdunsten könnte, und die dazu nötige Wärme eine ganz beträchtliche ist. Das Integral der Flächen ist nun rechnerisch nicht so leicht zu finden, da ja die Verbindungslinien der Kurvenpunkte, die den Zeitintervallen von 10 zu 10 Minuten entsprechen, in Wirklichkeit keine geraden Linien sind. Einfacher und schneller führt das Planimetrieren der Kurvenflächen zum Ziel. Die Messung ergab für die einzelnen Flächen folgende Werte:

Lila Fläche 91 cm².

Lila + grüne Fläche 91 + 135,2 = 226,2 cm².

Lila + grüne + rote Fläche = 91 + 135,2 + 229,5

= 455,7 cm², d. h. derjenigen Luft, welche durch die Ventilation aus dem Freien ins Zimmer gelangt und hier auf die vorhandene Temperatur erwärmt wird, müsste die 5fache Wassermenge, als dieselbe schon besitzt, pro cbm zugeführt werden, um den Sättigungsgrad zu erreichen. Das rote Flächenstück, welches zwischen der Kurve, die der maximalen Sättigung der Luft mit Wasserdampf bei der beobachteten Temperatur entspricht, und der Kurve, welche die vorhandene Menge der absoluten Feuchtigkeit im Hörsaal angiebt, hat insofern ein bedeutendes Interesse für die Hygiene, als dieses Flächenstück zur Vergleichung der Einwirkung der Luft im Hörsaal auf die Verdunstung von Haut und Schleimhäuten der anwesenden Personen dienen könnte.

Flügge[1] schreibt in seiner Abhandlung über die hygienische Bedeutung der Feuchtigkeitsbestimmungen: „In den Angaben über den Feuchtigkeitszustand der Luft wird ausserdem der grösste Wert auf die relative Feuchtigkeit gelegt, und namentlich in ärztlichen Kreisen ist man geneigt, dieser eine grössere Bedeutung beizumessen, als ihr gebührt. Für den Ablauf der wesentlichsten in Betracht kommenden körperlichen Funktion der Wasserdampfausscheidung ist aber die absolute Feuchtigkeit viel bedeutungsvoller. Von ihr hängt die Wasserdampfmenge ab, die in den Lungen ausgeschieden wird, da die ausgeatmete Luft unter allen Umständen für ca. 35° mit Wasserdampf gesättigt ausgeatmet wird, und also um so mehr Wasser zugeführt werden muss, je geringer die absolute Menge des Wasserdampfes in der Einatmungsluft war; und auch die Verdunstung von der äusseren Haut ist nicht eigentlich von der relativen Sättigung abhängig, sondern von der absoluten Menge Wasserdampf, welche noch von der Luft bis zu ihrer vollständigen Sättigung aufgenommen werden kann, also von der

[1] Flügge, Die hygienischen Untersuchungsmethoden 1881, S. 89.

Differenz zwischen maximaler und vorhandener Spannung. Gerade den Schwankungen der absoluten Feuchtigkeit und jener Differenz wird daher erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden sein."

Offenbar[1] sind auch schon früher verschiedene Beobachter, die über das Verhalten der Luftfeuchtigkeit in geschlossenen Räumen Studien gemacht haben, zu der Überzeugung gelangt, dass die relative Feuchtigkeit keinen brauchbaren Massstab für das hygienische Urteil liefert. Krieger,[2] der in einigen Privathäusern Untersuchungen über das Verhalten der Luftfeuchtigkeit anstellte, sowie die Kommission,[3] welche die Luftbeschaffenheit der Berliner städtischen Schulen im Jahre 1879 begutachtete, benutzten Apparate, mit deren Hülfe eine direkte Bestimmung des in der Zeiteinheit verdunsteten Wassers ermöglicht wurde, und strebten somit eine Kenntnis desjenigen Faktors der Luftfeuchtigkeit an, welcher eben durch das Sättigungsdeficit ausgedrückt wird. Ebenso hat Rietschel[4] bei seinen neuerdings veröffentlichten Untersuchungen über die Heizanlagen in Berliner Schulen dadurch vergleichbare Werte für die Luftfeuchtigkeit zu erhalten versucht, dass er die in Wirklichkeit bei sehr verschiedenen Temperaturen gefundenen Feuchtigkeitsprozente auf eine einheitliche Temperatur (+ 20°C.) reducierte. Durch dieses Verfahren wird allerdings eine für manche Zwecke brauchbare Vergleichsfähigkeit hergestellt, aber abgesehen von dem rechnerischen Umwege wird das wahre Bild des Verhaltens und des hygienischen Effektes der untersuchten Luftbeschaffenheit ganz wesentlich beeinträchtigt. Für die

[1] Deneke, Über die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, Z. f. Hygiene, I, S. 70, 1886.

[2] Ätiologische Studien, Strassburg 1880.

[3] Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen u. s. w. im Auftrage des Magistrats zu Berlin, Verlag der deutschen Bauzeitung, Berlin 1879.

[4] Lüftung und Heizung von Schulen, Berlin 1894.

hygienische Beurteilung der Luftfeuchtigkeit sowohl im Freien wie in geschlossenen Räumen ist somit das Sättigungsdeficit entschieden der korrekteste und geeignetste Massstab. Die Ermittelung des Sättigungsdeficites auf direktem Wege ohne Rechnung sind von Krieger[1] und von der Berliner Kommission[2] mit Hülfe des Atmometers (Verdunstungsmesser) versucht worden, aber weder die komplizierteren noch die einfacheren Konstruktionen von Atmometern geben hinreichend genaue und für unsere Zwecke brauchbare Resultate. Wir sind demnach immer noch auf die einfachen Methoden der Feuchtigkeitsmessung angewiesen und müssen das Sättigungsdeficit aus dem Gewichte des Wasserdampfes, aus dem Taupunkt, aus der relativen Feuchtigkeit oder aus der Psychrometerdifferenz berechnen. Die Rechnung wird wesentlich abgekürzt bei Benutzung der von Jelinek[3] herausgegebenen Psychrometertafeln. Diese Tafeln ergeben bekanntlich die Tension des Wasserdampfes und die relative Feuchtigkeit für jeden zehntel Grad des feuchten und trockenen Thermometers.

Die zahlreichen, im Hörsaal des physikalischen Institutes aufgenommenen Werte sind in den nachfolgenden Tabellen Nr. 3, 4, 5, 6 und 7 derart untergebracht, dass Tabelle Nr. 3 nur die Temperaturen, Tabelle Nr. 4 nur die relative Feuchtigkeit und Nr. 5 die absolute Feuchtigkeit, Nr. 6 den Taupunkt und Nr. 7 das Sättigungsdeficit enthält. Es machte sich diese Anordnung nötig, um das umfangreiche Material möglichst übersichtlich anzuordnen und eine schnelle Orientierung über die an den einzelnen Aufnahmetagen erzielten Werte zu ermöglichen. Man sucht zu den in Tabelle 3 verzeichneten Temperaturen in Tabelle 4, 5, 6 und 7 die zugehörigen Werte für relative

[1] Ätiologische Studien, Strassburg 1880.

[2] Bericht über die Untersuchung der Heizung und Ventilationsanlagen u. s. w. im Auftrage des Magistrats zu Berlin, Verlag der deutschen Bauzeitung, Berlin 1879.

[3] Jelinek, Psychrometer, Tafeln, Wien 1894.

und absolute Feuchtigkeit, den Taupunkt und das Sättigungsdeficit unter gleichem Tage, Stunde und Minute.

Eine Durchsicht der Tabellen giebt für die Temperatur eine Höhe, welche dem in körperlicher Ruhe befindlichen Organismus im geschlossenen Raum am zuträglichsten ist. Die Temperatur überschreitet nur einmal 17° am 2. November als höchsten Wert mit 18°; dies war aber eine absichtlich hervorgerufene Temperatur durch äusserste Beschränkung der Ventilation. Bei 14—16° ist die Wärmeabgabe des Körpers nicht so bedeutend, dass sie mit dem unangenehmen Gefühl des Frierens verbunden ist, und doch noch reichlich genug, um ein lästiges Hitzegefühl nicht aufkommen zu lassen, auch die übrige Thätigkeit der Haut, die Abgabe von Wasser und gasförmigen, organischen Stoffen beschränkt sich bei der gemessenen absoluten und relativen Feuchtigkeit auf ein mittleres, das körperliche Wohlbehagen nicht beeinträchtigendes Mass. Es ist, wie schon erwähnt, keinesfalls anzunehmen, dass die Luft im Hörsaal den Sättigungsgrad auch nur annähernd erreichen wird. Für 18° trockenes Thermometer beträgt laut Tabelle Nr. 2, Seite 26, der Taupunkt 11° bei einer relativen Feuchtigkeit von 58,2 Prozent. Die Wände und Fenster, welche eine Temperatur weit unter dem Taupunkt aufweisen, werden immer soviel Wasser kondensieren, dass die einer gewissen Temperatur entsprechende relative Feuchtigkeit nicht überschritten wird. Die Mauern und in erster Linie der Kalkbewurf, der in allen Hörsälen der Universität getüncht und mit Leimfarbe gestrichen ist (letztere hat den Vorzug vor Ölfarbenanstrich, dass sie die natürliche Ventilation der porösen Wände nicht unterdrückt,) werden infolge des kapillaren Aufsaugevermögens eine grosse Flüssigkeitsmenge aus der Luft absorbieren können, aber auch im anderen Falle einen Ausgleich der durch die Heizung ausgetrockneten Wohnungsluft durch leichtes Verdunsten des früher aufgenommenen Wassers bewirken und dadurch

Schwankungen der relativen Feuchtigkeit, wie solche im Freien vorkommen, ausschliessen. Die Wände bewirken aber auch durch ihre Kapillarität ein Aufsteigen der Feuchtigkeit aus den Grundmauern, resp. dem diese umgebenden Erdreich und dem Grundwasser und tragen auch auf diese Weise dazu bei, einer Austrocknung der Zimmerluft durch Heizung und elektrische Beleuchtung vorzubeugen. Wird ein Zimmer angeheizt, so übt die Beheizung auf die Wände zunächst eine Temperaturänderung aus. Während nun die Luft im Zimmer sehr schnell und mit ganz geringen Mengen Heizmaterial zu erwärmen ist, geht die Erwärmung der Wände ausserordentlich langsam vor sich und erfordert ja, wie bekannt, den grössten Aufwand von Heizmaterial. Erwähnt sei an dieser Stelle mit, dass das Auditorium im physikalischen Institut durch einen grossen Kachelofen und einen Meidinger eisernen Füllofen, die früh angeheizt, den Hörsaal den ganzen Tag auf einer angenehmen Temperatur halten, erwärmt wird.

Die bisher angeführten Messungen erstreckten sich auf die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft im Hörsaal während der Vorlesung. Es war nun von besonderem Interesse, zu ermitteln, welchen Feuchtigkeitsgrad das Auditorium nach längerer Nichtbenutzung aufweist. Eine Messung 12 Stunden nach der letzten Vorlesung, am 25. November 1897, früh 6 Uhr ergab eine Temperatur von 11,4° Réaumur, eine relative Feuchtigkeit von 48,4 Prozent und eine entsprechende absolute Feuchtigkeit von 5,69 g in 1 cbm Luft. Nach 84 Stunden, während welcher Zeit der Hörsaal zu Vorlesungen nicht benutzt wurde, erzielte eine Messung am 29. November, früh 6 Uhr eine Temperatur von 9,8° Réaumur, eine relative Feuchtigkeit von 57,5 Prozent und eine absolute Feuchtigkeit von 6,155 g pro cbm Luft. Die relative Feuchtigkeit bewegt sich also während der Dauer der Nichtbenutzung innerhalb 50—60 Prozent, während die absolute Feuchtigkeit eine Abnahme im ersteren Falle um 30 Prozent, im letzteren

Tabelle Nr. 3. Werte für die Temperatur der Messungen im physik. Hörsaal im November 1897 in Réaumur-Graden.

		im Freien		im Hörsaal 337,5 cbm Luftraum							Zunahme in Prozenten für 1 Stunde	Anzahl der Personen	Barometerstand	Kubikinhalt cbm
		5 Uhr	6 Uhr	5h	5h 10	5h 20	5h 30	5h 40	5 5 0	6h				
Novbr.	1	4,1	4,0	14,1	14,4	15,0	15,3	15,5	15,7	15,8	15,7 %	44	341‴	337,5
„	2	4,3	4,0	14,6	15,6	16,4	17,2	17,6	17,8	18,0	24,9 %	49	341‴	
„	16	3,6	3,4	13,8	14,0	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	17,4 %	40	339‴	
„	17	3,2	3,0	13,9	14,1	14,4	15.0	15,6	15,7	15,8	20,9 %	40	338‴	
„	18	8,4	8,9	15,0	15,3	15,6	16,2	16,2	16,2	16,8	12,0 %	40	336‴	
„	19	7,1	7,2	14,4	15,1	15,7	15,8	15,8	15,9	16,1	11,8 %	44	337‴	
„	22	7,3	7,2	14,2	14,5	14,8	15,2	15,3	15,3	15,6	10,0 %	40	341‴	
„	24	2,4	1,5	13,6	13,7	14,0	14,1	14,5	14,9	14,8	9,0 %	38	336‴	
„	29	2,4	2,3	13,4	13,8	14,3	14,7	14,8	15,0	15,0	12,0 %	39	321‴	
„	30	0,8	0,5	14,6	14,6	15,0	15,1	15,3	15,4	15,5	6,2 %	40	330‴	
Dezbr.	1	2,0	0,8	14,0	14,1	14,6	15,0	15,2	15,2	15,3	9,3 %	39	329‴	
„	2	1,2	1,1	13,8	13,6	14,2	14,8	15,0	15,4	15,4	11,7 %	42	336‴	
„	3	1,0	0,6	14,4	14,4	14,8	15,0	15,6	15,4	15,4	7,0 %	40	337‴	
„	15	6,1	6,1	15,8	16,0	16,6	16,8	17,0	17,3	17,4	10,0 %	37	336‴	
„	16	4,3	3,6	15,0	15,4	16,0	15,6	15,8	16,3	16,2	8,0 %	31	334‴	

Tabelle Nr. 4. Werte für die relative Feuchtigkeit zu Tabelle Nr. 3 im physik. Hörsaal. In Prozent

		im Freien		im Hörsaal							Zunahme in Prozenten für 1 Stunde	Anzahl der Personen	Kubikinhalt cbm
		5^h	6^h	5^h 00	5^h 10	5^h 20	5^h 30	5^h 40	5^h 50	6^h			
Novbr.	1	83,0	82,2	60,5	61,0	61,0	62,3	62,6	63,0	63,0	2,5 %	44	337,5
„	2	57,9	58,2	53,8	55,5	55,0	56,0	56,4	57,9	58,2	4,4 %	49	
„	16	80,0	80,0	56,0	55,0	54,5	56,0	56,3	59,0	60,0	4,0 %	40	
„	17	75,7	77,0	51,7	52,0	51,5	51,4	51,5	54,7	55,7	4,0 %	40	
„	18	95,0	97,0	60,8	60,0	61,7	62,6	62,6	62,6	62,4	1,6 %	40	
„	19	83,4	83,5	60,0	56,8	56,5	60,0	62,0	62,0	64,5	4,5 %	44	
„	22	91,6	93,4	61,6	62,4	62,7	65,4	65,6	66,7	68,0	6,4 %	40	
„	24	41,1	66,4	47,8	47,0	47,1	48,8	50,5	51,2	52,1	4,3 %	38	
„	29	89,5	98,8	56,4	54,6	55,2	57,0	58,1	58,4	58,4	2,0 %	39	
„	30	91,6	97,1	48,6	48,6	50,4	53,7	54,0	57,2	57,3	8,7 %	40	
Dezbr.	1	80,2	95,3	51,8	53,5	54,8	56,6	59,0	59,0	60,1	8,3 %	39	
„	2	73,1	74,6	47,2	47,8	49,3	51,0	52,8	51,2	54,3	7,1 %	42	
„	3	79,4	76,3	51,5	49,2	50,0	52,3	53,6	51,2	53,2	1,7 %	40	
„	15	85,7	85,7	55,7	54,0	57,0	58,3	58,0	56,4	59,2	3,5 %	37	
„		93,4	93,1	54,6	53,3	52,0	54,6	55,7	55,7	58,4	3,8 %	31	

Tabelle Nr. 5. Werte für die absolute Feuchtigkeit im physik. Hörsaal. in Gramm pro cbm

		im Freien		im Hörsaal							Zunahme in Prozenten für 1 Stunde	Anzahl der Personen	Kubikinhalt cbm
		5h	6h	5h	5h 10	5h 20	5h 30	5h 40	5h 50	6h			
Novbr.	1	6,10	6,03	9,153	9,435	9,828	10,300	10,490	10,717	10,818	18 %	44	337,5
„	2	5,694	5,422	8,352	9,250	9,690	10,322	10,711	11,323	11,534	38 %	49	
„	16	5,220	5,107	8,160	8,150	8,330	8,660	8,874	9,384	9,555	17 %	40	
„	17	4,800	4,818	7,695	7,850	7,954	8,303	8,601	9,310	9,560	24 %	40	
„	18	9,165	8,272	9,708	9,800	10,285	10,893	10,893	10,893	11,342	16 %	40	
„	19	7,225	7,295	9,350	9,324	9,408	10,084	10,509	10,590	11,160	19 %	44	
„	22	8,085	8,155	9,478	9,613	9,865	10,617	10,730	10,868	11,294	18 %	40	
„	24	2,423	3,648	6,870	6,820	7,195	7,286	7,767	8,112	8,202	20 %	38	
„	29	5,275	5,750	8,000	7,950	8,337	8,885	9,146	9,326	9,326	16 %	39	
„	30	4,728	4,896	7,535	7,535	8,060	8,643	8,815	9,389	9,479	26 %	40	
Dezbr.	1	4,720	4,920	7,668	7,760	8,455	9,033	9,555	9,555	9,802	30 %	39	
„	2	3,888	3,960	6,886	6,867	7,376	8,022	8,427	8,411	8,927	30 %	42	
„	3	4,176	3,784	7,857	7,520	7,865	8,366	8,955	9,346	8,748	11 %	40	
„	15	6,870	6,870	9,417	9,282	10,236	10,607	10,642	10,610	11,255	20 %	37	
„	16	6,447	6,088	8,719	8,748	8,947	9,090	9,417	9,756	10,190	16 %	31	

Tabelle Nr. 6. Werte für den Taupunkt der Messungen im physik. Hörsaal.

		im Freien		im Hörsaal							Anzahl der Personen
		5^h	6^h	5^h	$5^h\,10$	$5^h\,20$	$5^h\,30$	$5^h\,40$	$5^h\,50$	6^h	
Novbr.	1	2,9°	2,8°	7,9°	8,3°	8,8°	9,4°	9,6°	9,9°	10,0°	44
„	2	2,1°	1,6°	7,0°	8,3°	8,9°	10,0°	10,2°	10,9°	11,1°	49
„	16	1,1°	0,9°	6,7°	6,7°	7,0°	7,5°	7,7°	8,4°	8,7°	40
„	17	0,2°	0,2°	5,9°	6,1°	6,3°	6,8°	7,4°	8,2°	8,5°	40
„	18	7,8°	6,5°	8,8°	9,0°	9,6°	10,3°	10,3°	10,3°	10,8°	40
„	19	5,0°	5,1°	8,1°	8,1°	8,6°	9,3°	9,8°	9,9°	10,6°	44
„	22	6,3°	6,4°	8,5°	8,7°	9,0°	9,9°	10,1°	10,3°	10,8°	40
„	24	— 7,1°	— 3,0°	4,7°	4,6°	5,3°	5,4°	6,2°	6,7°	6,8°	38
„	29	1,1°	2,1°	6,4°	6,4°	7,0°	7,8°	8,1°	8,3°	8,3°	39
„	30	— 0,2°	0,3°	5,8°	5,8°	6,6°	7,5°	7,7°	8,5°	8,6°	40
Dezbr.	1	— 0,2°	0,3°	6,0°	6,1°	7,2°	8,0°	8,7°	8,7°	9,0°	39
„	2	— 2,3°	— 2,1°	4,7°	4,7°	5,5°	6,6°	7,2°	7,2°	7,8°	42
„	3	— 1,5°	— 2,4°	6,3°	5,8°	6,3°	7,1°	7,9°	7,2°	7,6°	40
„	15	4,3°	4,3°	8,5°	8,3°	9,6°	10,0°	10,1°	10,1°	10,6°	37
„	16	3,5°	2,6°	7,5°	7,6°	7,9°	8,1°	8,5°	9,0°	9,5°	31

Tabelle Nr. 7. Werte für das Sättigungsdeficit zu Tabelle Nr. 5 im physik. Hörsaal in Gramm pro Kubikmeter.

		im Freien		im Hörsaal							Anzahl der Personen
		5h	6h	5h 00	5h 10	5h 20	5h 30	5h 40	5h 50	6h	
Novbr.	1	0,75	0,76	5,8	6,0	6,3	6,1	6,3	6,3	6,3	44
„	2	1,25	1,37	7,3	7,7	8,1	8,7	8,8	8,5	8,7	49
„	16	1,25	1,47	6,5	6,8	7,1	6,9	7,0	6,7	6,8	40
„	17	1,57	1,63	7,1	7,7	7,5	7,8	8,3	7,7	7,5	40
„	18	0,51	1,13	6,4	6,6	6,6	6,7	6,7	6,7	7,2	40
„	19	1,40	1,40	6,1	6,9	7,4	7,0	6,6	6,7	6,3	44
„	22	0,70	0,60	5,6	5,9	6,2	5,7	5,4	5,2	5,6	40
„	24	3,54	1,50	7,5	7,7	7,7	7,3	7,7	7,9	7,7	38
„	29	0,68	0,11	6,1	6,6	7,0	6,9	6,8	6,8	6,8	39
„	30	0,48	0,15	8,1	8,1	8,1	7,6	7,6	7,1	7,3	40
Dezbr.	1	1,05	0,30	7,2	7,2	7,2	7,1	6,8	6,8	6,6	39
„	2	1,50	1,34	7,7	7,5	7,7	7,9	7,7	8,1	7,6	42
„	3	1,12	1,32	7,6	7,9	8,0	7,7	8,0	7,3	7,8	40
„	15	0,8	0,8	8,6	9,1	8,5	8,5	8,6	9,1	8,5	37
„	16	0,3	0,3	7,4	7,8	8,5	7,8	7,7	8,0	7,4	31

um 25 Prozent gegen den Maximalwert der Aufnahme am 24. November, abends 6 Uhr, nach Schluss der Vorlesung ergiebt.

Die bisher erläuterten Messungen behandelten lediglich den Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Hörsaal des physikalischen Institutes. In nachstehendem sollen nun einige Messungen, die in anderen Hörsälen der Universität aufgenommen wurden, einer Bearbeitung unterzogen werden.

Hörsaal des zoologischen Institutes.

Der Hörsaal im Sockelgeschoss des zoologischen Institutes hat die Dimensionen 3,4 m Höhe, 5,4 m Breite und 9,6 m Länge. Der Kubikinhalt beträgt 176 cbm. Für die anwesenden 12 Personen kommt pro Kopf ein Luftkubus von ca. 15 cbm.

Die Beleuchtung ist eine gemischte und wird durch 4 Auergaslichtbrenner und 8 16kerzige Glühlampen unterhalten. Das Zimmer enthält 2 Thüren und 5 Doppelfenster. Die künstliche Ventilation besteht in einem Luftschacht, der nach dem Institutsdachboden führt. Das Auditorium wird durch einen Kachelofen geheizt. Zwei Aufnahmen am 10. und 16. November 1897 zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes sind in nachstehender Tabelle verzeichnet. Der Hörsaal war an beiden Tagen mit elf Studierenden besetzt.

Tabelle Nr. 8. Messungen im Hörsaal des zoologischen Instituts.

Monat		Art	im Freien im Mittel	im Hörsaal							Prozentzunahme	Barometerstand.
				4h	4h 10	4h 20	4h 30	4h 40	4h 50	5h		
Novbr.	10	Temperatur	3,6°	13,6°	14°	14,3°	15,1°	15,6°	15,8°	16,2°	20 %	343‴
		Relative Feuchtigkeit	80 %	65,6 %	59,3 %	58,8 %	60 %	61,7 %	63 %	64,7 %	—	
		Absolute Feuchtigkeit	5,2 g	9,423 g	8,796	8,893	9,631	10,285	10,656	11,262	20 %	
Novbr.	16	Temperatur	3,5°	14,4°	14,8°	15,4°	15,9°	16,2°	16,5°	16,7°	16 %	339‴
		Relative Feuchtigkeit	80 %	62,3 %	59,3 %	62,5 %	63,1 %	65,7 %	66 %	66,3 %	4 %	
		Absolute Feuchtigkeit	5,153 g	9,500 g	9,371	10,273	10,759	11,441	11,765	11,966	26 %	

Das zoologische Institut, welches nur eine kleine Zahl Hörer hat, weist insofern ein günstiges Resultat auf, als auf den Kopf der anwesenden Personen der grösste Luftkubus mit 15 cbm kommt. Die Temperatur wächst aber trotzdem während einer Stunde um 20 Prozent, hervorgerufen durch die gemischte Beleuchtung. Die relative Feuchtigkeit fällt durch die Temperaturerhöhung von 65,6 Prozent auf 58,8 Prozent, erreicht aber den Maximalwert zu Ende der Stunde annähernd wieder. Aufnahme vom 16. November bietet nichts Bemerkenswertes. Die relative Feuchtigkeit der Aussenluft betrug für beide Tage 80 Prozent.

Hörsaal des chemischen Institutes.

Das Auditorium des chemischen Institutes, welches sich im Erdgeschoss befindet, hat einen Luftraum von 360 cbm, der anteilige Luftkubus bei 55 Personen betrug hierbei pro Kopf nur 6,5 cbm. Das Auditorium enthält 3 Thüren, zu beiden Seiten je 5 grosse einfache Fenster und wird durch 2 Meidinger eiserne Füllöfen geheizt. Die nach dem Laboratorium führende Thür war während der Vorlesung geöffnet. Nachstehende Tabelle enthält die Werte, die sich aus den Messungen vom 10. und 16. November 1897 bei einer Personenzahl von 55 resp. 48 ergeben haben. Die Vorlesungen fallen in die Vormittagsstunde von 10—11 Uhr.

Tabelle Nr. 9. Messungen im Hörsaal des chemischen Instituts.

Monat		Art	im Freien im Mittel	im Hörsaal							Prozentzunahme	Barometerstand
				10h	10h 10	10h 20	10h 30	10h 40	10h 50	11h		
Novbr.	10	Temperatur	4°	14°	15°	16°	17°	17,6°	17,8°	18°	28,5 %	343‴
		Relative Feuchtigkeit	72 %	60,3 %	56,6 %	56 %	54,7 %	55,9 %	55 %	55,4 %	—	
		Absolute Feuchtigkeit in Gramm pro cbm	4,800	9,074	9,147	9,770	10,270	10,884	10,940	11,144	23 %	
Novbr.	16	Temperatur	3,5°	14°	13°	13,6°	14,9°	15,2°	15,4°	15,6°	12 %	339‴
		Relative Feuchtigkeit	81 %	50,9 %	50,9 %	51,7 %	51,7 %	54,6	53,2	53,6 %	2,7 %	
		Absolute Feuchtigkeit in Gramm pro cbm	5,241	7,533	6,860	7,503	7,828	8,837	8,748	8,950	20 %	

Die relative Feuchtigkeit ist hier erheblichen Schwankungen unterworfen, die Temperatur steigt innerhalb einer Stunde um 28,5 Prozent, die relative Feuchtigkeit als Funktion der Temperatur kann der Temperaturerhöhung trotz der grossen Zahl von Personen nicht Schritt halten und nimmt von 10^h bis 10^h 30 um 5,6% ab, steigt dann langsam wieder an bis 55,4 %, erreicht aber nicht die Höhe von 60,3 %, die um 10^h im leeren Zimmer gemessen wurde. Man könnte nun zu der Annahme neigen, dass der Feuchtigkeitsgehalt im Auditorium geringer geworden ist, dem ist aber nicht so, denn die absolute Feuchtigkeit wächst während einer Stunde um 23 % und hat keine Abnahme zu verzeichnen.

Von erheblichem Einflusse auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Hörsaal des chemischen und physikalischen Instituts wird die Art und Zahl der Experimente sein, die während der Vorlesung im Hörsaal gemacht werden. Versuche mit hygroskopischen Säuren und Salzen werden eine Reduktion des Feuchtigkeitsgehaltes bewirken, während Experimente mit Eis die Temperatur beeinflussen. Die Feuchtigkeitsmessungen werden immer verschiedene Resultate ergeben, man vergleiche nur die Aufnahme vom 10. November 1897 mit der 6 Tage später genommenen vom 16. November.

Im botanischen Institut.

Der Hörsaal im Erdgeschoss des botanischen Institutes hat einen Kubikinhalt von 243 cbm. Der auf eine Person entfallende Luftraum beträgt bei einer Besetzung mit 17 Personen pro Kopf = **14 cbm.**

Im Ventilationsschacht brennt während der Vorlesung zur besseren Luftcirkulation eine Gasflamme. Die Vorlesungen finden im Hörsaal vormittags von 9—10 Uhr, im Praktikum von 11—1 Uhr statt. Das Praktikumzimmer

im Sockelgeschoss hat einen Kubikinhalt von 117 cbm Für 13 Praktikanten kommt pro Kopf ein Luftkubus von 9 cbm. In der Tabelle sind die berechneten Werte der Aufnahme vom 24. November 1897 im Hörsaal und am 30. November im Praktikantenzimmer eingetragen.

Tabelle Nr. 10. Messungen im botanischen Institute.

Tabelle Nr. 1. 336‴ Barometerstand

Monat		Art	im Freien im Mittel	im Hörsaal 9h	9h 10	9h 20	9h 30	9h 40	9h 50	10h	Prozentzunahme
Novbr.	24	Temperatur	3,4°	12,6°	12,6°	12,7°	13,6°	13,9°	14°	14,2°	12 %
		Relative Feuchtigkeit	56,5 %	58,3 %	58,3 %	57,6 %	63,3 %	61,1 %	64 %	64,2 %	6 %
		Absolute Feuchtigkeit	3,617 g	7,693	7,693	7,720	9,107	9,203	9.473	9,636	26 %
		im Gewächshaus, Warmhaus, relativ F.				90,6 %	absol. F.	11,790 g	bei 12,3° R		
		im Gewächshaus Kalthaus relativ F				88,6 %	„	8,131	bei 7,8° R		

Tabelle Nr. 2. 330‴ Barometerstand, 13 Personen, 117 cbm

Monat		Art	im Freien im Mittel	im Praktikantenzimmer 11h	11h 15	11h 30	11h 45	12h	12h 15	12h 30	12h 45	1h	Prozentzunahme
Novbr.	30	Temperatur	1,6°	12,6°	14,0°	14,4°	15,2°	15,8°	16,1°	16,3°	16,4°	16,7°	34 %
		Relat. Feucht.	86,5 %	55 %	53 %	52,6 %	57 %	57,8 %	58,3 %	59,7 %	60 %	60,3 %	4,7 %
		Absol. Feucht.	4,750 g	7,327	7,812	8,172	9,220	9,774	10,08	10,470	10,582	10.875	47 %

Tabelle Nr. 1 bedarf keiner näheren Erläuterung, die gefundenen Werte reihen sich früher besprochenen Tabellen an.

Einen beträchtlichen Unterschied gewährt Tabelle 2. Die Temperatur steigt während der 2 Stunden Praktikum um 34 Prozent, die absolute Feuchtigkeit um 47 Prozent.

Die Wärmeproduktion, sowie die der Feuchtigkeit durch die Perspiration und Respirationsthätigkeit der anwesenden 13 Personen ist eine ganz erhebliche.

Es lag nun nahe, noch einen Schritt weiterzugehen und die Messungen auf solche Räume auszudehnen, wo eine sehr grosse Zahl von Menschen längere Zeit auf einen verhältnismässig kleinen Raum angewiesen ist, wie dies in Elementarschulen der Fall ist. Herr Reuter, Direktor der städtischen Volksschule zu Rostock, gestattete mir in entgegenkommender Weise eine diesbezügliche Messung in der Klasse 5a, Knaben, von früh 8—11 Uhr aufzunehmen. Die gefundenen Werte sind in Tabelle Seite 48 eingetragen. Das Schulzimmer hat einen Kubikinhalt von 182 cbm, für die anwesenden 70 Kinder und 2 Erwachsene kommt pro Kopf ein Luftkubus von nur **2,5 cbm**. Der Lufterneuerung war ausser der natürlichen Poren- und Ritzen-Ventilation noch durch 2 Jalousien-Ventilatoren künstlich nachgeholfen. Eine Durchsicht der Tabelle giebt für die relative Feuchtigkeit während der Dauer von 8—10 Uhr, wo ein ununterbrochener Unterricht stattfand, keine erhebliche Änderung, die absolute Feuchtigkeit dagegen wächst von 7,81 g auf 11,03 g pro cbm oder in Prozenten ausgedrückt um 41,3 %.

Die Temperaturzunahme innerhalb der 2 Stunden beträgt 47,1 Prozent. Eine viertelstündige Frühstückspause um 10 Uhr wurde dazu benutzt, Thüren und Fenster zu öffnen und so einer gründlichen Lufterneuerung Raum zu geben. Sämtliche Kinder mussten während dieser Pause das Schulzimmer verlassen. 10^h 15 begann der Singunterricht. Das Thermometer zeigte $9{,}8^0$, die relative Feuch-

tigkeit betrug 63,3 Prozent, die absolute Feuchtigkeit 7,04 g pro cbm. Die Lüftung hatte also eine erhebliche Änderung der Zimmerluft bewirkt. Der nun folgende $^3/_4$stündige Singunterricht war nicht ohne Einfluss auf den Feuchtigkeitsgehalt der Schulstubenluft. Betrug die Zunahme von 8—10 Uhr für die absolute Feuchtigkeit 41,3 Prozent, so genügten jetzt $^3/_4$Stunden, ein Wachsen um 45,6 Prozent hervorzurufen. Die erhöhte Perspirations- und Respirationsthätigkeit der Kinder durch den Singunterricht ist hier deutlich wahrzunehmen.

Kurvenblatt 4 zeigt die graphische Behandlung der in Tabelle Seite 48 verzeichneten Werte. Charakteristisch ist die Konvexität der Kurven für die Dauer der Lüftung. Die absolute Feuchtigkeit, der Taupunkt und die Temperaturen des trockenen und feuchten Thermometers zeigen einen erheblichen Abfall, die Kurve der relativen Feuchtigkeit dagegen verläuft während der ganzen Dauer der Messung nahezu parallel der Abscissenachse und ändert ihre Richtung auch während der Lüftung nicht.

Die Luft war infolge des geringen Luftkubus von 2,5 cbm für ein Kind trotz der Ventilation und der kurz vorangegangenen gründlichen Lüftung fühlbar schlecht und ohne Zweifel verdorben. Der Raum ist offenbar für die grosse Anzahl Kinder bei 3 bis 4stündigem Unterrichte zu klein bemessen. Bei alledem hängen noch die feuchten Mützen und Mäntel der Knaben im Zimmer, die durch ihre Ausdünstung erheblich zur Luftverderbnis im Schulzimmer beitragen. Es giebt ja eine grosse Menge ergiebiger Quellen von Luftverderbnis, die Kohlensäurebeimischung allein ist es nicht. Auch der Feuchtigkeitsgehalt spielt keine so erhebliche Rolle dabei. Wer nur einmal in das Schulzimmer der Unterklasse einer Volksschule kommt, in welchem mehrere Stunden lang eine grosse Zahl von Kindern unterrichtet worden ist, der wird den Unterschied finden zwischen der frischen erquickenden Luft, die er an der See, in Wäldern oder in den Bergen atmet und derjenigen eines vorerwähnten Schulzimmers.

Nicht nur eine widrige Geruchsempfindung macht den Aufenthalt in diesem Zimmer peinlich, sondern auch ein allgemeines Unbehagen beschleicht das pflichtmässige Geschäft der Atmung. Die Brust fühlt sich bedrängt, bedrückt. Die Hautausdünstung und der durch den Schweiss erzeugte Wasserdampf trägt Beimischungen übelriechender, organischer Stoffe, die in der Luft schnell in Fäulnis übergehen, aber auch Gase aus der Klasse der flüchtigen Säuren tragen erheblich dazu bei, die Luft für die Atmung ungeeignet zu machen. „Wohl[1] ist ja das Vermögen, durch Geruchsempfindung die schlechte Luft zu erkennen, individuell sehr verschieden und die Gewöhnung an eine schlechte Luft eine mehr oder minder rasche und daher das Urteil zu verschiedenen Zeiten ein sehr verschiedenes. Auf der anderen Seite ist aber auch das Geruchsorgan einer gewissen Übung und Erziehung fähig, und jeder, der seine Aufmerksamkeit auf diese Dinge längere Zeit richtet, wird eine gewisse Fertigkeit in der Wahrnehmung der Luftverderbnis erlangen." Es liegt ausser dem Plane und würde weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, mich in Spekulationen über die Deutung zu ergehen, welche den hier vorgeführten Thatsachen zu geben ist, insofern nicht eben die Beobachtung oder das Experiment darüber entscheidet, beide Erfahrungsweisen haben uns bis jetzt nicht zur Genüge gelehrt, welche Zersetzungsprodukte organischer Körper für die Entstehung des unangenehmen Geruches in einem Schulzimmer wesentlich sind.

Die Prüfung der Luft soll feststellen, ob dieselbe den Anforderungen der Hygiene genügt oder nicht. Zu dem Zwecke muss die Prüfung sich auf den Gehalt an Kohlensäure, Wasserdampf, auf Beimischung organischer Stoffe, Infektionsstoffe und andere verdächtige Substanzen, auf die verfügbare Quantität und auf die Temperatur erstrecken. Sie kombiniert sich deshalb aus einer Prüfung mit den unbewaffneten Sinnen und der chemischen Analyse und muss sich in dieser Weise kombinieren, da in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nur die Verbindung der beiden Methoden über alles Wissenswerte Auskunft bringt.

[1] Engelhorn, Schulgesundheitspflege, Stuttgart 1888, S. 111.

Tabelle II. Feuchtigkeitsgehalt der Luft in der Klasse 5a, Knaben, der Elementarschule zu Rostock. Aufgenommen am 6. November 1897.

Zeit	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Absolute Feuchtigkeit	Sättigungsdeficit in Gramm pro cbm	Zunahme in Prozenten	Personenzahl	Kubikinhalt cbm	Barometerstand
8^h	10,4°	69,2 %	7,810 g	3,4		72	182	337‴
8^h 15	11,0°	69,8 „	8,230 „	3,4				
8^h 30	12,2°	66,2 „	8,570 „	4,3				
8^h 45	13,0°	70,0 „	9,560 „	4,1				
9^h	13,8°	70,5 „	10,290 „	4,3				
9^h 15	14,4°	69,0 „	10,490 „	4,9				
9^h 30	14,6°	69,1 „	10,710 „	4,9				
9^h 45	15,0°	70,0 „	11,110 „	5,0				
10^h	15,3°	67,6 „	11,030 „	5,4	41,3 %			
Lüftung								
10^h 15	9,8°	63,3 „	7,040 „	3,8				
10^h 30	14,2°	60,6 „	9,320 „	5,8				
10^h 45	14,9°	63,8 „	10,100 „	5,9				
11^h	15,2°	63,4 „	10,250 „	6,1	45,6 %			
im Freien								
8^h	0,8°	100,0 „	5,160 „	0,0				
9^h	0,5°	95,2 „	4,776 „	0,1				
10^h	0,5°	95,2 „	4,776 „	0,1				
11^h	0,6°	95,5 „	4,824 „	0,1				

Welcher Grad von Luftfeuchtigkeit ist als Norm für geheizte Räume aufzustellen?

Um ein Urteil über die Zulässigkeit oder Schädlichkeit eines gewissen Grades von Luftfeuchtigkeit abzugeben, bedarf es noch bestimmter Vereinbarungen über die Grenzen derselben. Wohl ist dabei zu beachten, dass wissenschaftlich noch nicht erwiesen ist, welcher Feuchtigkeitsgehalt der den Menschen umgebenden Luft in Binnenräumen für die Gesundheit am zuträglichsten, oder richtiger, welches Sättigungsdeficit die Luft an Feuchtigkeit besitzen soll. Allen Ansprüchen der Hygiene wird aber genügt werden, wenn der Feuchtigkeitsgehalt im Winter in den geheizten Hörsälen bei vollem Lüftungsbetrieb 50—60 Prozent der absoluten Sättigung nicht überschreitet.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, die durch den Lüftungsbetrieb aus dem Freien in das Zimmer dringt, wird bei der Erwärmung auf die vorhandene Temperatur nach früher aufgestellten Berechnungen stark verringert. Es liegt deshalb sehr nahe, diese mangelnde Feuchtigkeit auf künstlichem Wege zu ersetzen, weil durch die fortwährende Lufterneuerung das Sättigungsdeficit eine für die Gesundheit der im Hörsaal befindlichen Personen nachteilige Höhe annehmen könnte. Das grosse Zahlenmaterial in Tabelle 7 auf Seite 38 giebt aber während der Dauer der Vorlesung nur eine relativ sehr geringe Schwankung des Sättigungsdeficites, und selbst bei einer grossen Temperaturdifferenz zwischen Binnen- und Aussenluft, wie dies am 30. November 1897 der Fall war, hat das Sättigungsdeficit trotzdem eine Abnahme zu verzeichnen und bewegt sich innerhalb der Grenzen von 40 bis 60 Prozent der maximalen Sättigung. Eine künstliche Luftbefeuchtung, wie solche von vielen Seiten gewünscht[1] oder empfohlen[2] wird, machte sich für keinen der unter-

[1] Rietschel, Lüftungs- und Heizungsanlagen I 1894, S. 21.
[2] Fanderlik, Lüftung und Heizung 1887, S. 33.

suchten Räume nötig. Die Schwierigkeit, eine künstliche Luftbefeuchtung durch Verdunstungsgefässe oder Zerstäubungsapparate in geregelten Bahnen zu erhalten, sind wohl auch die Ursache, dass nur in vereinzelten Fällen in Lehrsälen mit Heissluftheizung, der bekanntlich eine sehr austrocknende Wirkung zugeschrieben wird, Apparate zur Verdampfung von Wasser in Anwendung gekommen sind.

Die Verdunstungsapparate lassen zwar jeden Grad von Luftbefeuchtung zu, geben daher aber auch leicht bei Unachtsamkeit der Bedienung zu grosse Feuchtigkeit, und es wird schwer die Bedingung zu erfüllen sein, die künstliche Befeuchtung dem jeweiligen Bedürfnis anzupassen.

Eine künstliche Trocknung der Luft wird wohl nur für eine beschränkte Zahl heisser Sommertage wünschenswert erscheinen, da hohe Wärmegrade der Luft zumeist auch einen hohen Feuchtigkeitsgrad zur Folge haben. Auf die möglichen Fälle hierbei einzugehen, liegt ausser dem Gebiete meiner Arbeit, und verweise ich auf die von Rietschel[1], Fanderlik[2] und anderen gemachten Angaben.

Die Grösse des Luftwechsels nach Massgabe hygienischer Forderung für einen Raum, in dem sich eine grössere Anzahl Personen dauernd aufhält, mit Berücksichtigung des auf eine Person entfallenden Luftraumes wird nach alten Erfahrungen[3] mehr als das 2 bis 3fache der Grösse des zu lüftenden Raumes während einer Stunde nicht betragen dürfen, soll die Luftströmung erträglich bleiben und eine empfindliche Zugluft vermieden werden.

In allgemein gültige Gesetze lässt sich die Ventilationsgrösse nicht kleiden, da die Grösse des Luftwechsels in der Hauptsache von dem Kohlensäuregehalt der Binnenluft und der freien Atmosphäre abhängig ist. Die Ansammlung der Kohlensäure wird eine Funktion der Grösse

[1] Rietschel, Heizungs- und Lüftungsanlagen I, 1894.
[2] Fanderlik, Heizung und Lüftung, 1887.
[3] Eulenberg, Schulgesundheitslehre, Berlin 1897, S. 567.

des Raumes, der Dauer des Aufenthaltes und der Zahl der darin befindlichen Personen sein. Es ist leicht einzusehen, dass in einem Hörsaal mit einem Luftkubus von 18 cbm pro Kopf und einer täglich einstündlichen Vorlesung die Ventilationsgrösse weit geringer sein kann, als in dem Lehrsaal einer Volksschule mit kaum 2--3 cbm Luftraum für ein Kind und einem täglich 4stündlichen ununterbrochenen Unterricht.

Zahlreiche Untersuchungen von Schulstubenluft auf ihren Kohlensäuregehalt hat v. Pettenkofer[1] gemacht und muss ich auf die diesbezügliche Litteratur verweisen.

Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft im Freien.

Erstreckten sich die bisher behandelten Messungen nur auf die Untersuchung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in geheizten, geschlossenen Räumen, so ist dieser doch mittelbar immer eine Funktion des Feuchtigkeitsgehalts der Luft im Freien. Die freie Atmosphäre enthält überall und zu allen Zeiten eine Beimischung von Wasser in dampfförmigem Zustande. Die Grösse der Entwickelung der Wasserdämpfe hängt von der Temperatur und dem Drucke der Luft ab. Ein Steigen[2] der Lufttemperatur hat eine reichliche Entwickelung von Wasserdämpfen und somit einen grösseren Dampfgehalt der Atmosphäre besonders über dem Meere und an den Küsten zur Folge. Sinkt dagegen die Temperatur, so vermag der Raum nicht mehr soviel Wasserdampf zu fassen wie vorhin, sondern ein Teil der Dämpfe verdichtet sich zu Wasser. Es muss daher für jede Temperatur ein Maximum des Druckes oder der Spannung des Wasserdampfes geben, bis dieser erreicht

[1] v. Pettenkofer und Voit, Zeitschrift für Biologie, II. Bd. S. 548.

[2] H. Mohn, Grundzüge der Meteorologie, Berlin 1875, S. 177.

ist, kann noch mehr Dampf sich bilden und den Druck vermehren, sobald es aber erreicht ist, hört jede weitere Verdunstung auf, und der Druck kann nicht weiter zunehmen, ausser wenn eine Temperaturerhöhung eintritt, die neue Verdunstung ermöglicht. Der Druck, welchen die Wasserdampfatmosphäre ausübt, ist nun freilich sehr gering und gegen den Druck der Luft im Verhältnis der Volumina verschwindend klein.

In ihrer unsichtbaren Form spielen die Wasserdämpfe eine Hauptrolle bei der Bewegung der Atmosphäre. Eine Bewegung der Luft aber ist möglich durch deren physikalische Eigenschaft, dass mit Wasserdampf gesättigte Luft leichter ist als trockene Luft, und diese in die Höhe steigt, während die trockene zu Boden sinkt. Ein bestimmtes Volumen mit Wasserdampf gesättigter Luft wiegt nämlich bei gleicher Temperatur und gleichem Druck nur $^5/_8$ von dem Gewicht des entsprechenden Volumens trockener Luft. 1 Liter trockene Luft wiegt bei 0° und 760 mm Barometerstand 1,293 g; ein Liter mit Wasserdampf gesättigter Luft dagegen unter denselben Verhältnissen 1,290 g. Bei 20° wiegt ein Liter trockene Luft 1,205 g, ein Liter gesättigte Luft aber 1,195 g. In Tabelle Seite 56 ist die Periode des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre für 2 klare schöne Herbsttage, den 10. und 13. November 1897, eingetragen. Die gemessenen Werte für den Stand des feuchten und trockenen Thermometers, der Höhe des Taupunktes, der absoluten und relativen Feuchtigkeit sind in ein Koordinatensystem derart festgelegt, dass die Abscisse die Zeit, die Ordinate die entsprechenden Temperaturen, den Feuchtigkeitsgehalt in Prozent und Gramm trägt. Der Verständlichkeit halber ist jeder Kurve die Bezeichnung beigegeben. Die Kurven geben ein deutliches Bild über den Verlauf der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Atmosphäre für den 10. November 1897 von früh 10 Uhr bis Mitternacht und für den 13. November von früh 9 Uhr bis andern Tags

früh 4 Uhr. Von besonderem Interesse sind auf Kurvenblatt 5 die der Abscisse 6 Uhr abends entsprechenden Ordinaten während der Dauer des Mondaufganges. Die relative Feuchtigkeit erreicht hier mit 97 Prozent die Amplitude der Kurve. Aber auch die Kurve t_2 des Taupunktes ist charakteristisch für die Dauer des Mondaufganges.

Ein wesentlich anderes Bild zeigt Kurvenblatt 6. Die Temperatur-Kurven t . t_1 t_2 haben die Amplitude gemeinsam nachmittags 2 Uhr und nähern sich dann abnehmend während des Abends und der Nacht asymptotisch der Abscissenachse. 3 Uhr früh erreicht die Temperatur t den Taupunkt und damit die relative Feuchtigkeit ihren Maximalwert 100 Prozent, das Psychrometer war mit Tau beschlagen. Das Auffallende an diesen Kurven liegt darin, dass das Maximum der relativen Feuchtigkeit nicht mit dem der Temperatur zusammenfällt, ja dass gerade während der wärmsten Zeit am 13. November nachmittags 2 Uhr die relative Feuchtigkeit geringer ist als am Vormittag und am Abend. Die relative Feuchtigkeit ist also am grössten, wenn die Temperatur am niedrigsten, und am kleinsten, wenn die Temperatur am höchsten ist.

H. Mohn[1] schreibt hierüber in seinem Werke, Grundzüge der Meteorologie: „Die Ursache ist in dem aufsteigenden Luftstrom zu suchen, welcher sich immer infolge der steigenden Temperatur des Tages einstellt. Dieser führt nämlich die Wasserdämpfe mit sich nach oben und entzieht so den niederen Luftschichten einen Teil des Dampfgehaltes, den sie sonst nach Verhältnis der Temperatur zeigen würde. An höher liegenden Punkten findet man in der That den höchsten Dampfdruck kurz nach Mittag. Der aufsteigende Luftstrom ist natürlich am Nachmittag, als der Zeit, wo die Wärme am stärksten ist, auch am kräftigsten. Gegen Abend nimmt er an

[1] H. Mohn, Grundzüge der Meteorologie 1875, Seite 82.

Stärke ab und hört endlich ganz auf, und infolge davon steigen nun auch die Dämpfe nicht mehr empor, sondern erfüllen und sättigen die unteren Luftschichten."

Was die Tagesschwankungen im Gehalt der Luft an Wasserdampf anbelangt, so wird das Maximum der absoluten Feuchtigkeit zwischen 1—2 Uhr nachmittags, das Minimum derselben früh morgens, kurz vor dem Aufgang der Sonne beobachtet. Auch das Sättigungsdeficit ist nachmittags zwischen 1—2 Uhr am grössten, früh morgens am geringsten[1].

Über die Jahresschwankungen giebt einen Überblick folgende für Rostock von Uffelmann[2] zusammengestellte Tabelle:

	Absol. Feuchtigkeit	Relat. Feuchtigkeit	Sättigungsdeficit
Oktober 1886	6,9 g	81 %	1,310 g
November 1886	7,0 „	90 „	0,700 „
Dezember „	5,0 „	91 „	0,450 „
Januar 1887	3,8 „	89 „	0,420 „
Februar „	3,6 „	86 „	0,510 „
März „	4,0 „	81 „	0,760 „
April „	5,9 „	70 „	2,500 „
Mai „	7,5 „	61 „	4,700 „
Juni „	9,0 „	65 „	4,700 „
Juli „	11,3 „	69 „	4,900 „
August „	9,6 „	63 „	5,700 „
September „ (3 Tage)	10,1 „	57 „	7,600 „

Der absolute Gehalt ist der Regel nach am geringsten in der kalten, am höchsten in der heissen Jahreszeit. Die relative Feuchtigkeit zeigt ihr Maximum in den Monaten November bis Januar, ihr Minimum in den Monaten Mai bis August. Das Sättigungsdeficit stellt sich der Regel nach am niedrigsten im Januar, am höchsten im Juli oder August.

[1] [2] Uffelmann, Handbuch der Hygiene 1889, S. 34 und nach eigenen Untersuchungen, Tabelle Seite 54.

In Tabelle auf Seite 56, in welcher auch die der gemessenen Temperatur entsprechenden Taupunkte mit eingetragen sind, sehen wir, wie mit fortschreitender Abkühlung der Luft Stand des trockenen Thermometers und Höhe des Taupunktes einander immer näher kommen, d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher die Luft mit Wasserdampf gesättigt sein wird. Ist die Abkühlung der Luft bis zur Höhe des Taupunktes fortgeschritten oder die Temperatur der Erdoberfläche unter den Taupunkt gesunken, dann scheidet sich der überschüssige Wasserdampf der untersten Luftschicht aus derselben aus und legt sich in Gestalt kleiner Wasserkügelchen oder Tauperlen auf die abgekühlten Gegenstände.

Die Schwankungen der Witterung sind lediglich hervorgerufen durch die mehr oder weniger grosse Wasserdampfmenge und die Höhe des Taupunktes. Wir identificieren gutes Wetter mit klarem Himmel und nennen schlechtes Wetter das, wenn es regnet oder schneit, d. h. wenn eine Ausscheidung des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes eintritt. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist, wie schon eingangs erwähnt wurde, erheblichen Schwankungen unterworfen,[1] und je nach der Temperatur ist das Vermögen der Luft, Wasserdampf aufzunehmen oder auszuscheiden, verschieden. Liegt der Taupunkt hoch, d. h. nahe bei der Lufttemperatur, so genügt eine geringe Abkühlung, um die Sättigungsgrenze zu überschreiten, und die Kondensation des Wasserdampfes tritt ein als Regen, Schnee oder Nebel. Die Bestimmung des Taupunktes ist daher vor allem ein sicheres Mittel zur Ermittelung des zu erwartenden Wetters. Im Frühjahr und Herbst, wo die Temperatur meist niedriger ist als im Sommer, sieht mancher Gärtner oder Landwirt mit Besorgnis nach dem Wetter, ob wohl Nachtfröste, die viele Hoffnung und Arbeit vernichten können, zu erwarten sind.

[1] und liegt bei uns zwischen 0,000 g bis 30,000 g pro 1 cbm.

Nr. 12. **Tabelle für den Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Freien.**

Zeit	10. November 1897.				13. November 1897.				
	Temperatur t	Taupunkt t_2	Relat. Feucht. F.	Absol. Feucht. p.	Temperatur t	Taupunkt t_2	Relat. Feucht. F.	Absol. Feucht. p.	Barometer-stand
9^h				g pro cbm	$4{,}5^0$	$2{,}9^0$	86,3 %	6,094 g	343‴
10^h	$+ 4{,}1^0$	$+ 0{,}3^0$	71,2 %	4,847	$5{,}4^0$	$3{,}3^0$	83,6 %	5,226 „	336‴
11^h	$3{,}8^0$	$0{,}2^0$	72,2 %	4,808	$6{,}9^0$	$3{,}8^0$	76,5 %	6,547 „	
12^h	$3{,}6^0$	$- 0{,}6^0$	68,5 %	4,832	$7{,}8^0$	$4{,}4^0$	74,5 %	6,840 „	
1^h	$3{,}0^0$	$- 2{,}1^0$	63 %	3,917	$8{,}3^0$	$4{,}5^0$	71,6 %	6,810 „	
2^h	$2{,}2^0$	$- 3{,}8^0$	55 %	3,360	$8{,}4^0$	$4{,}8^0$	73,6 %	7,098 „	
3^h	$1{,}0^0$	$- 3{,}2^0$	68 %	3,576	$8{,}0^0$	$4{,}4^0$	73,2 %	6,840 „	
4^h	$\pm 0^0$	$- 3{,}2^0$	74,5 %	3,576	$7{,}0^0$	$3{,}9^0$	76,5 %	6,581 „	
5^h	$- 0{,}5^0$	$- 2{,}4^0$	92 %	3,840	$6{,}6^0$	$3{,}7^0$	77,6 %	6,468 „	
6^h	$- 0{,}8^0$	$- 1{,}3^0$	96 %	4,276	$5{,}8^0$	$3{,}8^0$	83,5 %	6,543 „	
7^h	$- 1{,}1^0$	$- 3{,}5^0$	80 %	3,480	$5{,}4^0$	$3{,}6^0$	85,1 %	6,445 „	
8^h	$- 1{,}4^0$	$- 3{,}7^0$	80 %	3,384	$4{,}9^0$	$3{,}3^0$	87 %	6,307 „	
9^h	$- 1{,}7^0$	$- 3{,}8^0$	82 %	3,360	$4{,}9^0$	$3{,}3^0$	87 %	6,307 „	
10^h	$- 2{,}2^0$	$- 3{,}7^0$	86 %	3,408	$4{,}8^0$	$3{,}4^0$	89 %	6,387 „	
11^h	$- 2{,}4^0$	$- 4{,}9^0$	78,7 %	3,024	$4{,}4^0$	$3{,}2^0$	90,2 %	6,282 „	
12^h	$- 2{,}6^0$	$- 5{,}2^0$	78,4 %	2,952	$3{,}9^0$	$3{,}2^0$	94 %	6,283 „	
1^h					$3{,}6^0$	$2{,}9^0$	94 %	6,118 „	
2^h					$3{,}3^0$	$2{,}6^0$	93,5 %	6,000 „	
3^h					$2{,}6^0$	$2{,}6^0$	100 %	6,000 „	
4^h					$2{,}0^0$	$2{,}0^0$	100 %	4,000 „	

Die Voraussagung von Nachtfrösten mit dem Psychrometer kann aber mit einer verhältnissmässigen viel grösseren Sicherheit gemacht werden, als alle anderen Wetter-Prophezeiungen. Am 10. November 1897, einem klaren, schönen Herbsttag, liegt nach Tabelle Seite 56 der Taupunkt nachmittags 3 Uhr bei — 0,6°, also bereits unter Null. Die Luft kann sich also auch unter Null abkühlen, ehe eine Kondensation des Wasserdampfes in Form von Nebel oder Reif eintritt. Solche Nächte sind aber für den Garten- und Weinbau sehr gefährlich. In der Wärmelehre nennt man eine Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, 1 kg Wasser von 0° auf 1 Grad zu erwärmen. Um 1 kg Wasser von Null Grad in Dampf von 1 Grad zu erwärmen, sind 607 solcher Wärmeeinheiten erforderlich. Wird[1] dieser Dampf wieder zu Wasser verdichtet, so kommt dieselbe ungeheure Wärmemenge, welche als latente Wärme des Dampfes für das Gefühl verschwunden war, wieder zum Vorschein. Liegt nun der Taupunkt über Null, so wird die bei der Kondensation frei werdende latente Wärme der Wasserdämpfe eine weitere Abkühlung der Luft verhindern, und es wird in der Nacht tauen. Liegt dagegen der Taupunkt unter Null, wie am 10. November 1897, nachmittags 3 Uhr, bei — 0,6°, so kann natürlich der ungeheure Wärmevorrat, der in dem Wasserdampf gebunden ist, nicht in Betracht kommen, da er erst frei wird, wenn der Frost bereits eingetreten ist. Die relative Feuchtigkeit beträgt für unser Beispiel nachmittags 3 Uhr 68 Prozent, der Taupunkt liegt unter Null, die Temperatur ging im Laufe des Nachmittags weiter zurück, es war also sicher anzunehmen, dass während der klaren Mondscheinnacht Frost eintreten würde. Die Annahme bestätigte sich, das Thermometer zeigte nachts 12 Uhr —2,6°.

[1] K. Koppe, Die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft, Zürich 1878, S. 57.

Wenn wir aus dem allem Schlussfolgerungen für die Einwirkung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft auf das Gefühl und die Gesundheit der Personen ziehen wollen, so müssen wir uns wohl vergegenwärtigen, dass es hierbei weder auf die Dampfspannung noch auf die Dampfsättigung ankommt, sondern auf die der gemessenen Temperatur entsprechende relative und absolute Feuchtigkeit und das Sättigungsdeficit, d. h. diejenige Menge Feuchtigkeit, welche die Luft bis zur vollständigen Sättigung bei der vorhandenen Temperatur noch aufnehmen kann, und ausserdem von der Schnelligkeit, mit welcher die Luftbewegung und die Verdrängung der einzelnen Luftteilchen, welche sich an der Wasseraufnahme vom menschlichen Körper beteiligen, erfolgt. Der unmittelbare Einfluss des atmosphärischen Wassergehaltes auf wichtige Körperfunktionen ist schon mehrfach Gegenstand wissenschaftlicher Forschungen gewesen. Falk schreibt in seiner Abhandlung über die hygienische Bedeutung des Wassergehaltes der Atmosphäre etwa folgendes:[1]

Einfacher, direkter erscheint die im folgenden beleuchtete Einwirkung des atmosphärischen Wasserdampfes. Über diese liegen jetzt u. a. Erfahrungen aus Nord-Amerika vor, in welchem, dank namentlich den dort vorherrschenden, über einen grossen Kontinent hinweg wehenden Südostwinden die Luft trocken bleibt, während die jährliche Regenmenge nicht geringer als in Europa ist. Aufmerksamen Beobachtern ist dort der Einfluss der Lufttrockenheit auf unbelebte Gegenstände, auf Tiere und Menschen östlich von der Sierra Nevada und dem Cascadagebirge nicht entgangen, ja es hat sich die hohe Bedeutung ergeben, welche der Wassergehalt der Atmosphäre auf die Eigenart einer Bevölkerung ausübt. Für die volkswirtschaftlich wie sanitäts-polizeilich hochwichtige Frage

[1] Falk, Die hyg. Bed. des Wassergehaltes der Atm. Virchow, Archiv 1875, Bd. 62.

der Auswanderung hat sich das bedeutsame Facit ergeben, dass Europäer, welche längere Zeit in Amerika wohnen, ihr Leben etwas verkürzen; auch bei den geborenen Amerikanern zeigt sich die mehrfache Einwirkung der trockenen Luft unter anderem auf die Stimme und Atmungsorgane, ausserdem tritt aber eine Eigentümlichkeit der nervösen Sphäre, eine fieberhafte Eile und instinktive Beweglichkeit, eine nervöse Reizbarkeit hervor: endlich wird auf dasselbe ursächliche Moment der schlanke ätherische Wuchs der menschlichen und vierfüssigen Bewohner des nord-amerikanischen Festlandes bezogen. Im allgemeinen wirkt das dortige Klima aufreibend auf den menschlichen Körper und greift besonders auch die Lunge an. Wenn wir nun aber gar erfahren, dass der zarten amerikaner Rasse eine schlimme Prognose droht, wenn sie nicht trotz ihres Widerwillens gegen die sonst hygienisch viel ungünstiger situierten, unter gleichen Isothermen geborenen Bewohner von Europas grüner Insel die Einwanderung der Irländer begünstigte, dass Europäer in Amerika selten fett werden, aber Amerikaner, welche kurze Zeit in Europa weilen, ein blühendes Aussehen bekommen, dass man in Amerika schneller altert und weit seltener als bei uns wohl konservierte alte Personen sieht, dass also, um ein Gleichniss zu gebrauchen, die Maschinerie im trockenen Klima schneller abgenutzt wird, so geht daraus die hohe hygienische Bedeutung des Wassergehaltes der Atmosphäre hervor, obwohl dessen absolute Grösse im Mittel nicht ein Prozent erreicht."

Im Gegensatz zu diesen gleichsam unmittelbaren Wirkungen der Lufttrockenheit wird Luftfeuchtigkeit eher einen indirekten Einfluss auf die Gesundheit ausüben, begünstigen indessen alle Gährungs- und Fäulnisprozesse, die Entstehung und Verbreitung infektiöser Krankheiten tritt aber fast nur, wenn die Luft zugleich warm ist, in den Vordergrund, daher namentlich die feuchten Tropengegenden die Brutstätte mörderischer Fieber sind.

Da man demnach die pathogenetische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit im Gegensatz zu atmosphärischer Trockenheit als eine mittelbare bezeichnen kann, so erklärt sich die statistische Erfahrung, dass im allgemeinen feuchte Luft der Gesundheit zuträglicher ist als trockene, ja dass keine Luftbeschaffenheit dem Leben so feindlich wie trockene Kälte sein kann, hingegen feuchte Kälte die Sterblichkeit am wirksamsten aufhält.

a. Spannungstafel.

R°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
— 6	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,07	1,06	1,05	1,04
5	1,25	1,24	1.23	1,21	1,20	1,19	1.18	1,17	1,16	1,15
4	1,38	1,37	1,35	1,34	1,33	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27
3	1,52	1,50	1,49	1,47	1,46	1,45	1,43	1,42	1,40	1,39
2	1,67	1,65	1,64	1,62	1,60	1,59	1,57	1,56	1,54	1,53
1	1,83	1,81	1,80	1,78	1,76	1,74	1,73	1,71	1,70	1,68
— 0	2,00	1,98	1,97	1,95	1,93	1,91	1,89	1,88	1,86	1,84
+ 0	2,00	2,01	2,03	2,05	2,07	2,09	2,11	2,13	2,15	2,17
1	2,19	2,21	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,33	2,35	2,38
2	2,40	2,41	2,43	2,45	2,48	2,50	2,53	2,55	2,57	2,59
3	2,62	2,64	2,67	2,69	2,71	2,73	2,76	2,78	2,81	2,83
4	2,85	2,88	2,91	2,93	2,96	2,99	3,01	3,04	3,06	3,09
5	3,12	3,14	3,17	3,20	3,23	3,26	3,28	3,31	3,34	3,37
6	3,40	3,43	3,46	3,49	3,52	3,55	3,58	3.61	3,64	3,67
7	3,70	3,73	3,76	3,80	3,83	3,86	3,90	3,93	3,96	4,00
8	4,03	4,06	4,10	4,14	4,17	4,20	4,23	4,27	4,30	4,34
9	4,38	4,41	4,45	4,49	4,53	4,56	4,60	4,64	4,68	4,71
10	4,75	4,79	4,83	4,87	4,91	4,95	4,99	5,03	5,07	5,12
11	5,16	5,20	5,24	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,54
12	5,59	5,64	5,68	5,73	5,78	5,82	5,87	5,92	5,96	6,01
13	6,06	6,11	6,16	6,21	6,26	6,31	6,36	6,41	6,46	6,51
14	6,56	6,62	6,67	6,72	6,78	6,84	6,89	6,94	7,00	7,05
15	7,10	7,16	7,21	7,27	7,33	7,38	7,44	7,50	7,56	7,62
16	7,68	7,73	7,79	7,85	7,91	7,98	8,04	8,10	8,16	8,22
17	8,29	8,35	8,42	8,48	8,55	8,61	8,68	8,75	8,81	8,88
18	8,94	9,01	9,08	9,15	9,22	9,29	9,36	9,43	9,50	9,58
19	9,65	9,72	9,79	9,87	9,94	10,0	10.09	10,17	10,25	10,32
20	10,40	10,48	10,55	10,63	10,71	10,79	10,87	10,95	11,03	11,12
21	11,20	11,28	11,37	11,45	11,54	11,62	11,71	11,79	11,88	11,96
22	12,05	12,14	12,23	12,32	12,41	12,50	12,59	12,68	12,77	12,87
23	12,96	13,06	13,15	13,25	13,34	13,44	13,53	13,63	13,73	13,83
24	13,95	14,03	14,14	14,24	14,34	14,44	14,54	14,65	14,75	14,86

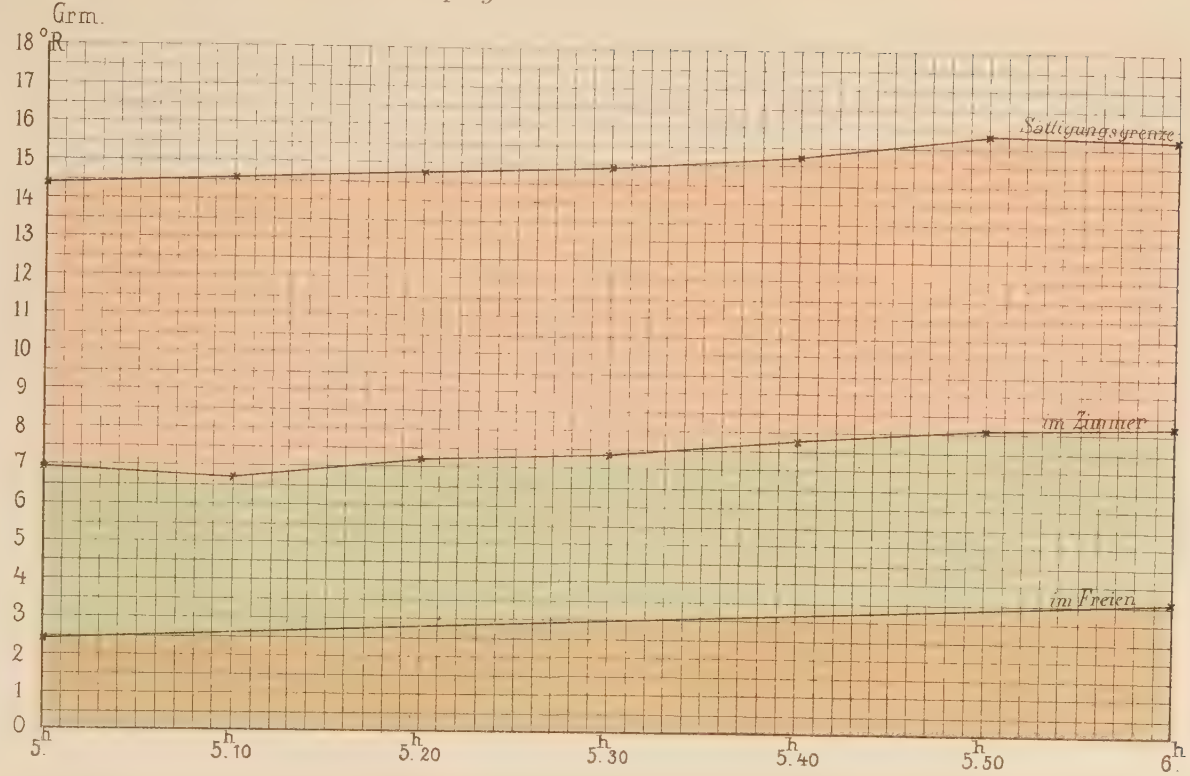
b. Abzugstafel.

0	0	0,03	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,29
1	0,32	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,58	0,61
2	0,64	0,67	0,70	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93
3	0,96	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,15	1,18	1,22	1,25
4	1,28	1,31	1,34	1,38	1,41	1,44	1,47	1,50	1,54	1,57
5	1,60	1,63	1,66	1,70	1,73	1,76	1,79	1,82	1,86	1,89

Am Schlusse meiner Arbeit gereicht es mir zu einer angenehmen Pflicht, auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. phil. et med. L. Matthiessen, Direktor des physikalischen Instituts der Universität Rostock, meinen wärmsten Dank auszusprechen für das stete Wohlwollen während der Dauer meiner Arbeit, indem er mir auf das bereitwilligste den Raum und die Mittel zur Verfügung stellte, die ich zu meinen Untersuchungen benötigte.

Flächen absoluter Feuchtigkeit.

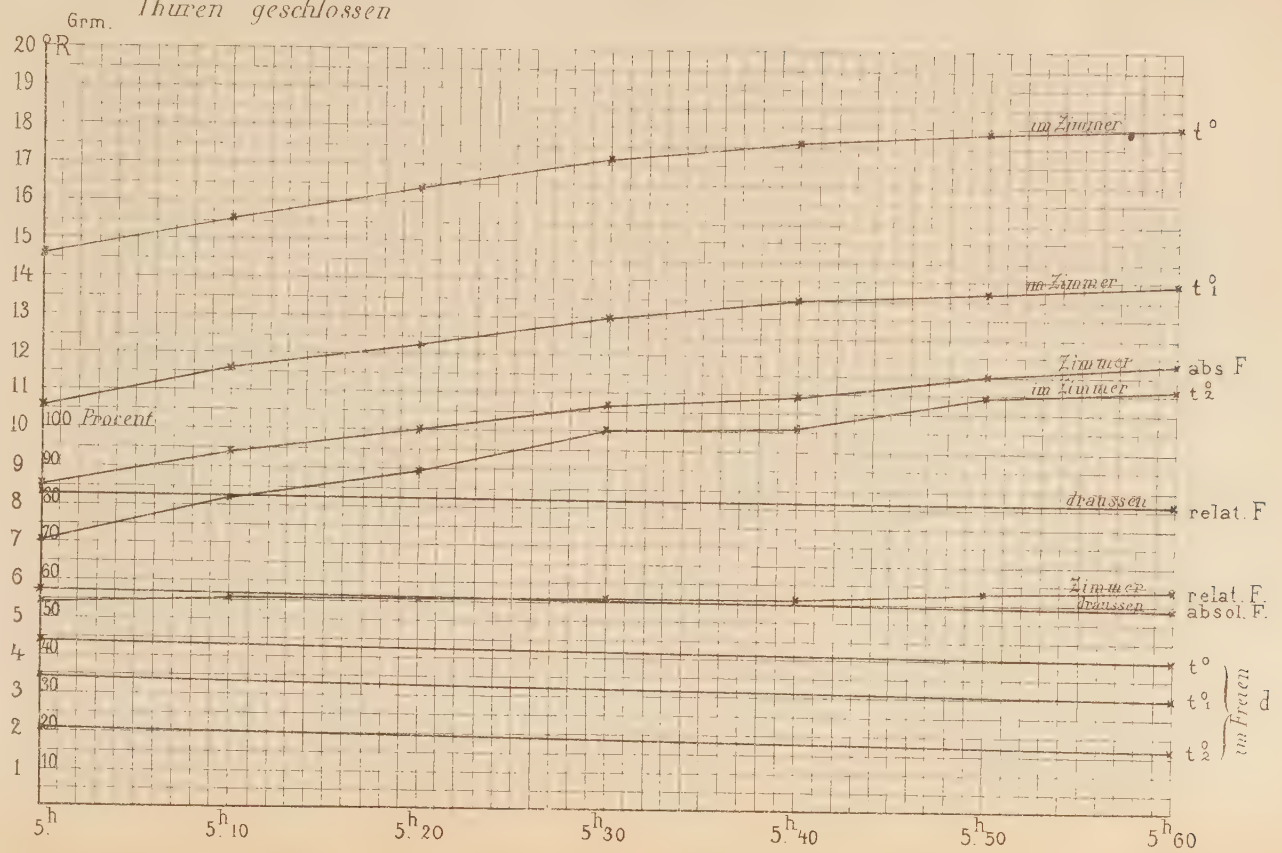
Aufgenommen am 24. Nov. 1897. im phys. Institut.



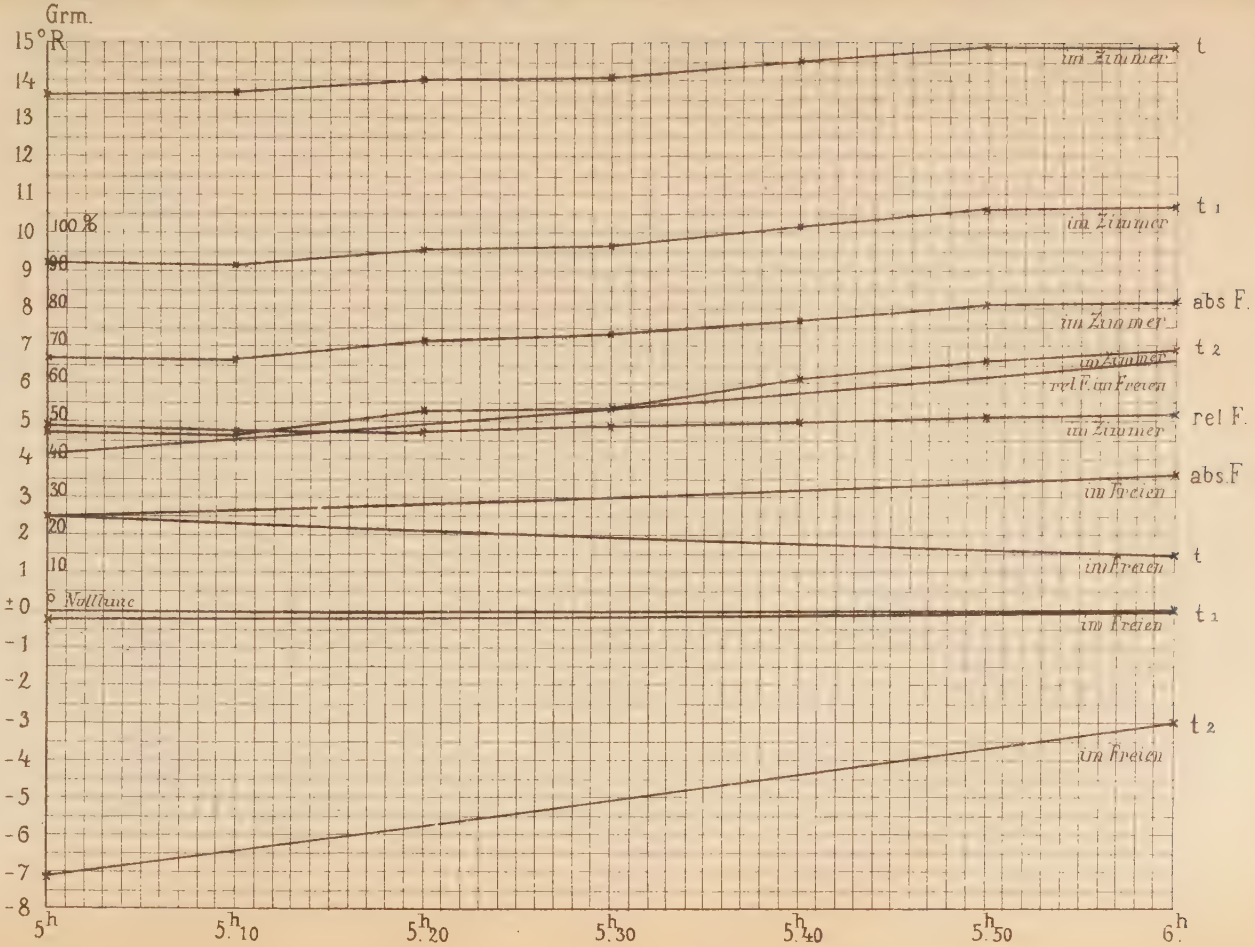
Curven zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Lehrsälen.

Aufgen. 2. Nov. 97. im phys. Inst. anwesend 49 Personen

Thüren geschlossen

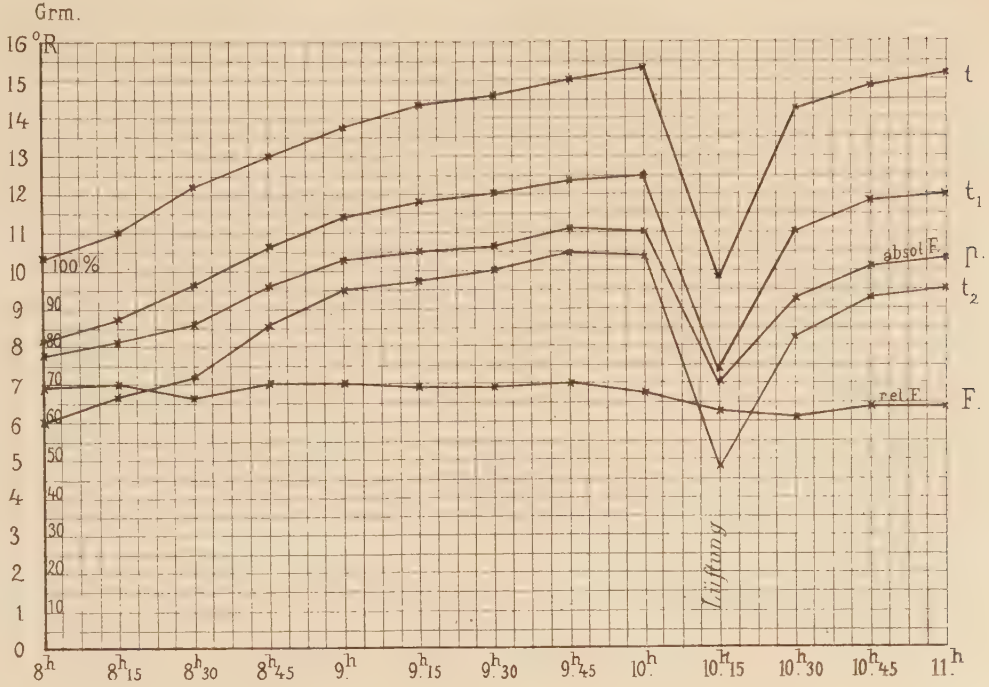


Aufgen. am 24. Nov. 1897 im phys. Hörsaal.



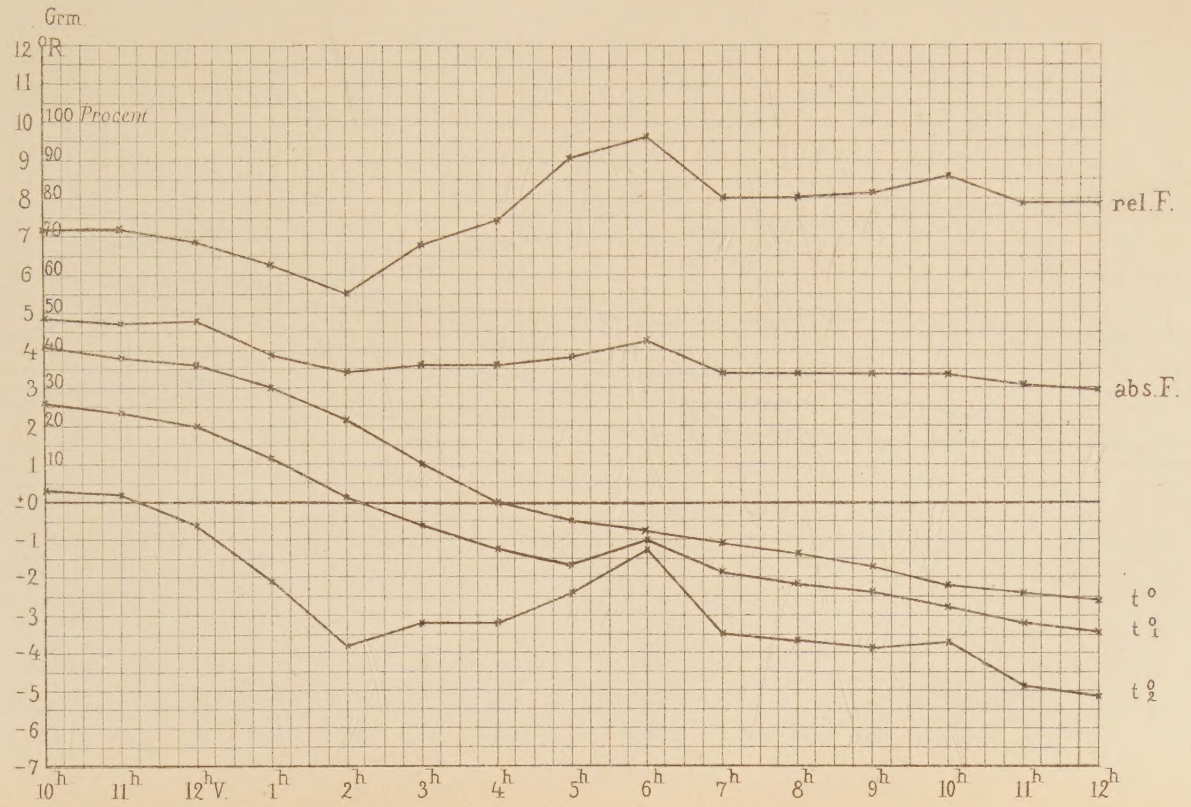
Curven zu Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Lehrsälen

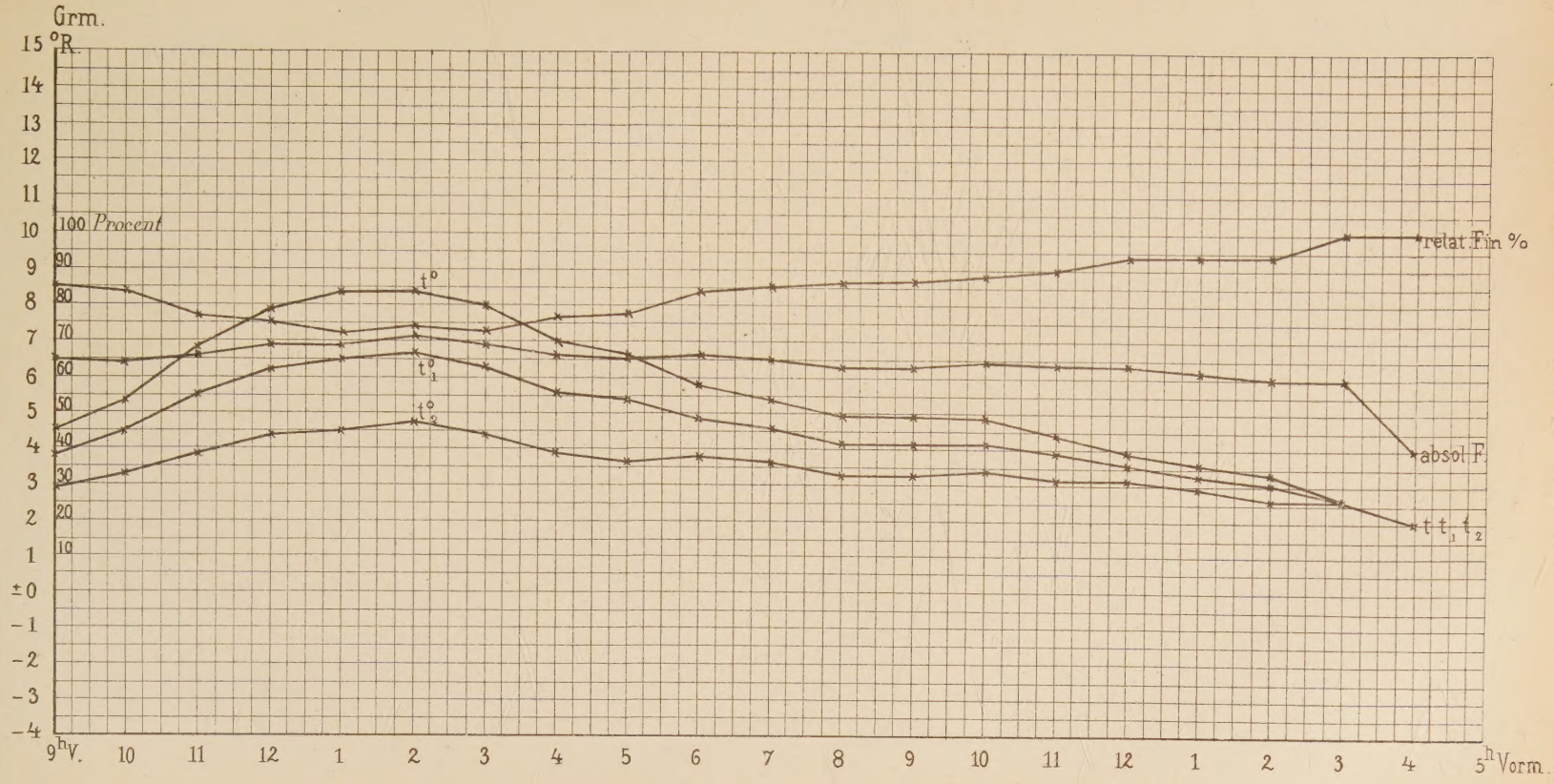
Aufgen. am 6. Dec. 1897. in der Knabenelementarschule Klasse 5 a.



Curven zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft

aufgenommen den 10. Nov. 1897 10 Vorm. bis 12^{h} Mitternacht im Freien



Curven zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft

Aufgenommen den 13. Nov. 97. im Freien